

الجغرافيا الاقتصادية والسياسية

مع التطبيق على
منافذ أفريقيا ومنافذ العالم العربي

الأستاذ الدكتور

عبد العزيز طرغ مشرف

جامعة الإسكندرية - مصر
الكلية العربية السعودية

دار المعرفة الجامعية

١٠ في شارع الأزهر - الإسكندرية - ١١٦٢ ١٨٣

٢٨٧ في شارع بورسعيد - القاهرة - ١١٤١ ١٧٣



الجنة في الدنيا والآخرة

البحر في النظم والنسب

مع التطبيق على
مناخ أفريقيا ومناخ العالم العربي

الأستاذ الدكتور

عبد العزيز بن محمد شرف

جامعة الإمام محمد بن سعود
المملكة العربية السعودية

٢٠٠٠

دار المعرفة الجامعية

٤٠ ش. سويس. الدار بطة. ت. ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ ش. قنال السويس. السك. ت. ٥٩٧٣١٤٦

تقديم

إلى جميع المشتغلين بتعليم الجغرافيا أو تعلمها أقدم هذا الكتاب راجيا أن تكون له بعض الفائدة في دراسة « الجغرافيا المناخية والنباتية » التي تعتبر من غير شك فرعاً من أخطر وأدق فروع الجغرافيا الطبيعية ، وقد حاولت عند تأليفه أن احقق به هدفين أساسيين ، أرجو أن أكون قد وفقت إلى تحقيق شيء منهما ، وهما :

أولاً — أن يكون الكتاب مرجعاً يستفيد به مدرس الجغرافيا والطالب الجامعي المتخصص ، ولذلك فقد اجتهدت أن أضمنه كثيراً من الحقائق والتفاصيل ، وأناقش فيه أهم الآراء والنظريات الحديثة التي ظهرت في علم المناخ نفسه ، بل وفي بعض العلوم الأخرى المتصلة به مثل علوم المتيورولوجيا والهيدروولوجيا والزراعة والنبات .

ثانياً — أن يكون أسلوبه سهلاً بسيطاً ، ومادته مشروحة شرحاً وافياً ، وموضحة توضيحاً كافياً بالخرائط والاشكال ، حتى يستطيع القارئ غير المتخصص في الجغرافيا ، أو الطالب الذي لا يتيسر له الحصول على توجيه أو مساعدة أن يعتمد على نفسه في دراسته وتفهم موضوعاته .

وأنتى أشعر وأنا أقدم الطبعة الحادية عشرة من هذا الكتاب ، بأننى وفقت بفضل الله وعونه إلى تحقيق معظم أهدافى ، بدليل القبول الذى لقيه الكتاب من الجغرافيين في مختلف الجامعات العربية ، مما شجعنى على أن أدخل على طبعته هذه تعديلات جوهرية لإبقائه متمشياً مع أحدث التطورات في مجال الدراسات المناخية المتخصصة ، كما أضفت إليه فصلين عن مناخ إفريقيا ومناخ العالم العربى .

والله ولى التوفيق ،،،

عبد العزيز طريح شرف

الفكر المناخى

- ١ - ١ - الفكر المناخى القديم .
 - ١ - ٢ - الفكر المناخى منذ عصر النهضة الأوروبية .
 - ١ - ٣ - الفكر المناخى منذ أوائل القرن العشرين .
 - ١ - ٤ - بعض الاتجاهات المعاصرة فى الفكر المناخى .
- اولا - دراسة القيم الفعلية لعناصر المناخ
- ثانيا - علم المناخ التفصيلى *Micro Climatology*
- ثالثا - علم المناخ التطبيقى .

الفكر المناخي

١ - ١ - الفكر المناخي القديم :

لما كانت الظاهرات الجوية تؤثر في حياة الإنسان تأثيرا مباشرا وسريعا فقد كان من الطبيعي أن يبدأ الإنسان منذ نشأته الأولى في التفكير في هذه الظاهرات ، وخصوصا الظاهرات العنيفة التي كانت تسبب له متاعب وخسائر كبيرة ، مثل الأعاصير والعواصف الشديدة. وقد أخذ التفكير في الظاهرات الجوية يتطور مع تطور الإنسان وتحضره ، وظهرت في تفسير هذه الظاهرات أفكار متباينة بين أصحاب الحضارات القديمة التي عاشت منذ أكثر من ثلاثة آلاف سنة ، وأهمها الحضارات المصرية والبابلية والآشورية والصينية والهندية . ولكن الأفكار التي سادت بين أصحاب هذه الحضارات كانت أفكارا بدائية وغير مستندة على أى أسس علمية . وكانت تدور في الغالب حول تفسير بعض الظاهرات الجوية ، وخصوصا الظاهرات التي لها علاقة بالزراعة والهجرة والملبس والمأكل وغير ذلك من مظاهر الحياة .

أما التفكير العلمى في الظاهرات الجوية والمناخية فلم يبدأ إلا في عهد الحضارة اليونانية القديمة ، وكان الفيلسوف اليونانى أرسطو من أبرز المفكرين الذين عالجوا موضوع المناخ ، قفى سنة ٣٥ ق . م ، ألف كتابا أسماه «المتيورولوجيا Meteorologica» ودرس فيه بعض الظاهرات الجوية دراسة نظرية غير مبنية على القياس ، وتكلم فيه عن الفصول وترتيبها على مدار السنة . وفى نفس الفترة تقريبا كان الهنود يقومون بقياس الأمطار بواسطة أجهزة بسيطة ربما كانت هى أقدم أجهزة قياس المطر فى العالم . ومنذ ذلك الوقت أيضا كان للعرب نشاط تجارى بحرى كبير . وقد ساعدهم هذا النشاط

على معرفة بعض خصائص حركات الرياح في البحار التي كانت سفنهم التجارية تبحر فيها ، وأهمها المحيط الهندي وبحار جنوب شرق آسيا ، حتى أنهم عرفوا نظام هبوب الرياح الموسمية ، وعندهم تعلمه اليونانيون عن طريق بعض ملاحبيهم الذين اشتركوا في بعض الرحلات التجارية للعرب . ومما لاشك فيه أن العرب هم الذين أعطوا لهذه الرياح اسمها الذي أخذت منه كلمة Monsoons الانجليزية .

وفي هذه الفترة كان اليونانيون قد عرفوا دوائر العرض وعلاقتها بميل أشعة الشمس وما يترتب على ذلك من تناقص في درجة الحرارة من دائرة الاستواء نحو القطبين . ولهذا فقد قسموا العالم على أساس هذه الدوائر إلى خمسة نطاقات هي : النطاق الحار بين المدارين ، والنطاق المعتدل بين المدارين والدائرتين القطبيتين ، والنطاق البارد بين الدائرتين القطبيتين والقطبين . وقد ظل هذا التقسيم هو السائد حتى أواخر القرن التاسع عشر .

١ - ٢ - الفكر المناخي منذ عصر النهضة الأوروبية :

في عصر النهضة الأوروبية الحديثة (خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر الميلاديين) تقدم الفكر المناخي تقدما كبيرا بفضل الكشف الجغرافية الكبرى ، واختراع بعض أجهزة الرصد الجوي الحديثة ، وأهمها الترمومتر الذي اخترعه جاليليو سنة ١٥٩٣م والبارومتر الذي اخترعه تورشيلي سنة ١٦٤٣م . ونتيجة لهذا التقدم أمكن ملاحظة أن توزيع الأقاليم المناخية لا يتفق تماما مع دوائر العرض ، وأن هناك عوامل أخرى تتدخل في توزيعها .

وفي نفس الوقت أفادت دراسات الجو والمناخ من التقدم الذي حدث في العلوم الأخرى ذات الصلة بهما ، وخصوصا في علوم الطبيعة وما تتضمنه من دراسات عن تركيب الغلاف الجوي وظواهره المختلفة ، مثل البرق والرعد والإشعاع الشمسي وغيرها . كما أفادت كذلك من التوسع في النشاط الملاحى بواسطة السفن الشراعية في مختلف البحار والمحيطات التي تم اكتشافها .

١ - ٣ - الفكر المناخى منذ أوائل القرن العشرين :

منذ أوائل هذا القرن ، كان الاتجاه السائد فى دراسة المناخ هو محاولة إيجاد تقسيمات مناخية عامة لسطح الكرة الأرضية اعتمادا على الإحصاءات المناخية التى أخذت تتوفر لعناصر المناخ الرئيسة فى بعض الدول ، وعلى مظاهر الحياة النباتية الطبيعية التى يمكن الاستدلال بها على نوع المناخ فى الأقاليم التى لا تتوفر فيها إحصاءات مناخية كافية ، مثل الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية الواسعة فى العروض المدارية والأقاليم الواقعة فى العروض القطبية . وكانت التقسيمات المناخية تعتمد فى مراحلها الأولى على مقارنة المعدلات المناخية لعناصر المناخ دون التعمق فى تحليلها لمعرفة اختلافاتها المحلية فى مناطق صغيرة ، أو معرفة القيم الفعلية لهذه العناصر ومدى تأثير كل منها فى الآخر . وبمقتضى هذا الاتجاه أمكن وضع تقسيمات عامة لسطح الكرة الأرضية على أساس الاختلافات المناخية الرئيسة ، ثم ظهرت على أساس هذه التقسيمات فكرة تقسيم العالم إلى أقاليم طبيعية ، وهى الفكرة التى تبناها الجغرافى البريطانى هربرتسون Herbertson فى سنة ١٩٠٥ م .

وفى هذه المرحلة كان الاهتمام الرئيسى لعلماء المناخ هو توزيع المعدلات المناخية الحسابية على خريطة العالم أو خرائط القارات ، ثم توصيل الأماكن التى تتساوى فيها المعدلات الشهرية أو السنوية بخطوط يطلق عليها بصفة عامة اسم خطوط الظاهرات المتساوية Isopleths أو Isograms . ومن أشهرها خطوط الحرارة المتساوية Isotherms ، وخطوط الضغط المتساوى Isobars ، وخطوط المطر المتساوى Isohyets . وعلى أساس هذه الخطوط أمكن تقسيم سطح الكرة الأرضية إلى أقاليم حرارية ونطاقات للضغط الجوى والرياح ، ثم تقسيمه فى النهاية إلى أقاليم مناخية لكل منها صفات مناخية عامة مشتركة .

وقد تمخض هذا الاتجاه عن ظهور عدة تقسيمات مناخية لسطح الكرة الأرضية ، بعضها تقسيمات بسيطة تعتمد على توزيع درجة الحرارة وتوزيع الأمطار ، وفيها تستخدم خطوط الحرارة المتساوية التى تمثل المعدلات الحرارية

عند مستوى سطح البحر كحدود عامة لهذه الأقاليم ، ومثل هذه التقسيمات تصلح لدراسة مناخ القارات والأقاليم الكبرى دراسة مناخية عامة ، ومثال ذلك التقسيم الذى اقترحه ديمارتون E.Demartonne فى فرنسا سنة ١٩٢٥ ، والتقسيم الذى اقترحه أوستن ملر Austin Miller فى بريطانيا سنة ١٩٣٦ ، والذى لا يختلف كثيرا عن تقسيم ديمارتون .

وإلى جانب هذه التقسيمات البسيطة ظهرت تقسيمات أخرى أكثر تفصيلا وتعقيدا ، ففى ألمانيا اقترح كوبن W.Koppen تقسيما ربط فيها بين التوزيع الفصلى لكل من عنصرى الحرارة والأمطار من أجل تقدير شدة الجفاف وشدة الحرارة أو البرودة ، وعلاقة هذا التوزيع بنوع الحياة النباتية الطبيعية .

وفى الولايات المتحدة اقترح ثورنثويت W.Thornthwaite فى سنة ١٩٤٨ تقسيما مبنيا على حساب الميزانية المائية التى تستخدم فيها معدلات الأمطار وما يضيع منها بالتبخر والتع *Evapotranspiration* ، وحساب القيمة الفعلية لدرجة الحرارة . ويمثل هذا التطور فى تصنيف الأنواع المناخية بداية للمرحلة الحديثة فى دراسة المناخ .

وعلى الرغم من الأهمية الكبيرة لكل هذه التصنيفات فإنها لم تعد كافية لمسايرة التطورات الحديثة فى دراسة المناخ ، وهى التطورات التى فرضتها الحاجة المتزايدة إلى الاستفادة من دراسة المناخ فى مختلف المجالات التطبيقية ، وفى مختلف الدراسات العلمية الأخرى التى لها صلة بالمناخ ، وذلك بعد أن أصبحت معظم الدراسات العلمية متشابكة بحيث لم يعد أى منها يستغنى عن الآخر . فمما لاشك فيه أن الباحثين فى علوم مثل علوم الزراعة ، والحيوان والنبات ، وهندسة المياه ، وإيكولوجيا الأمراض ، وحماية البيئة ، وتخطيط المدن وغيرها ، يحتاجون جميعا إلى أساس مناخى يتوقف على طبيعة كل علم منها وطبيعة الموضوع المطلوب دراسته ، ومع ذلك فإن الربط بين المناخ وهذه العلوم كان حتى وقت قريب غير واضح بالصورة الكافية ، لأن المناخ ، كان يعالج غالبا كعلم مستقل حتى عن بقية العلوم الجغرافية .

١ - ٤ - بعض الاتجاهات المعاصرة في الفكر المناخي :

على الرغم من أن علم المناخ لم يسر في تطوره خلال النصف الأول من القرن العشرين بنفس السرعة التي سار بها علم التبيورولوجيا فقد أخذت البحوث المناخية تتقدم بسرعة منذ بداية النصف الثاني من هذا القرن وظهرت في علم المناخ اتجاهات حديثة أهمها :

- ١ - دراسة القيمة الفعلية (أو التأثير الفعلي) لعناصر المناخ .
- ٢ - دراسة تفاصيل المناخ بكل عناصره في أماكن محدودة ، وظهور ما يعرف باسم « علم المناخ التفصيل Micro Climatology » .
- ٣ - دراسة دور المناخ في مظاهر النشاط البشري المختلفة فيما عرف باسم علم المناخ التطبيقي Applied Climatology .
- ٤ - استخدام الأسلوب الكمي في معالجة العلاقات الزمنية والمكانية لعناصر المناخ مثل حساب معامل التغير والانحراف المعياري للتوزيع الشهري أو السنوي للأمطار وغير ذلك من العلاقات التي سنعالج بعضها عند دراسة الأمطار .

١ - ٤ - ١ دراسة القيمة الفعلية لعناصر المناخ :

رأى كثير من الباحثين ، لا في علم المناخ وحده ، بل وفي بعض العلوم الأخرى المتصلة به أن المعدلات المناخية التي تنشرها محطات الأرصاد كثيرا ماتعطى صورة غير صحيحة لحقيقة العلاقة بين عناصر المناخ من جهة ومظاهر الحياة المختلفة فوق سطح الأرض من جهة أخرى . فمجرد معرفتنا لكمية الأمطار التي تسقط في مكان ما لا تفيدنا كثيرا إلا إذا عرفنا القيمة الفعلية لهذه الكمية ، فقد تتساوى كمية الأمطار التي تسقط سنويا في مكانين معينين ، ولكن الأثر الذي تحدثه هذه الكمية قد يختلف في أحد المكانين اختلافا واضحا عنه في المكان الآخر ، ويرجع ذلك إلى أن الأمطار تخضع بعد سقوطها على سطح الأرض لعدة عوامل هي التي تحدد الفائدة التي يمكن للأنواع المختلفة من

الحيوان والنبات أن تحصل عليها منها ، فجزء من هذه الأمطار يضيع بالتبخر عند انحداره فوق سطح الأرض أو تجمعها في المنخفضات والجاري النهرية ، وجزء آخر يتسرب في التربة ، وربما يصل إلى أعماق بعيدة يستحيل معها الاستفادة به ، وجزء آخر يتحدر في مجاري الأنهار ويصل إلى البحر أو المحيط . وتختلف المقادير التي تضيع من مياه الأمطار بسبب العوامل السابقة من منطقة إلى أخرى على حسب الظروف المحلية الخاصة بكل منطقة ، خصوصا ما يتعلق منها بدرجة الحرارة والتوزيع الفصلي للأمطار ونوع الرياح وخواص التربة وانحدار سطح الأرض ، ويعتبر كوبن " W. Koppen " (١) الألماني من أشهر الباحثين الذين وجهوا النظر ، منذ أوائل القرن الحالي ، إلى ضرورة الاهتمام بتقدير القيمة الفعلية للأمطار عند دراسة المناخ .

وفي الولايات المتحدة تقدمت الدراسات المناخية على أسس رياضية على يد « Thornthwaite » الذي اقترح في سنة ١٩٤٨ تقسيمه المناخي المعروف الذي أصبح في الوقت الحاضر من أكثر التقسيمات المناخية الحديثة استخداما في مختلف جهات العالم . وقد بناء على أسس جديدة تعتمد على تحليل العلاقة بين الأمطار وما يضيع منها بالتبخر والتسح (٢) .

وما قيل عن الأمطار يمكن أن يقال كذلك عن درجة الحرارة ، فليست جميع درجات الحرارة ذات قيمة واحدة من حيث أثرها في حياة النبات ، فلكل نوع من أنواع النباتات حد أدنى وحد أعلى لدرجة الحرارة التي يستطيع أن ينمو فيها . كما أن سرعة نمو النبات قد تكون في درجة حرارة معينة أسرع منها في الدرجات الأخرى ، ويحتاج كل نبات كذلك إلى مجموعة من الوحدات أو

(١) Koppen, W., « Versuch einer Klassifikation der Klimate »

Geogr. Zeitscher, vol. 6, 1900, pp. 963-657

« Grundriss der Klimakunde, » 1931.

Thornthwaite, C. W., « An Approach Towards a Rational

Classification of Climate, » Geog. Rev., vol. 38, 1948, pp. 59-93.

الدرجات الحرارية التي يجب توفرها خلال فصل النمو . ويعتبر الضوء عاملا مساعدا لدرجة الحرارة، بمعنى أن النبات الذي ينمو في منطقة ما قد يحتاج لكي يتم نموه ونضجه إلى كمية من الوحدات الحرارية أكبر مما يحتاجه نفس النبات لو كان نموه في منطقة أخرى نصيبها من ضوء الشمس أكبر من نصيب المنطقة الأولى ، وذلك لأن ضوء الشمس يساعد عادة على زيادة سرعة نمو النبات . وهذه الحقيقة مهمة جدا بالنسبة للزراعة في العروض العليا حيث يزداد طول النهار في فصل الصيف ، وهو فصل النمو ، كلما اقتربنا من الدائرة القطبية ويتزايد تبعا لذلك مقدار ما تستفيد به الأرض من ضوء الشمس . وقد ساعد هذا على نجاح زراعة بعض غلات المناطق المعتدلة مثل القمح في الأقاليم الباردة ، ويعتبر " B.E.Livingston " ^(١) من أول الباحثين الذين كان لهم فضل توجيه النظر إلى ضرورة تقدير القيمة الفعلية لدرجات الحرارة المختلفة وتأثير كل منها في حياة النبات .

وهذا الاتجاه الحديث لتقدير التأثير الفعلي للعناصر المناخية قد فرض على الباحثين في علم المناخ أن يقووا صلتهم بالعلوم الأخرى . وأن يستفيدوا من النتائج العلمية التي يتوصل إليها غيرهم من الباحثين ، خصوصا في علم النبات والزراعة وهندسة المياه (الهيدرولوجيا) ، وهكذا بدأ علم المناخ يوسع اختصاصاته ، وبدأت تستخدم فيه تعبيرات جديدة مثل القيمة الفعلية أو التأثير الفعلي للأمطار "Precipitation Effectiveness" والقيمة الفعلية أو التأثير الفعلي لدرجة الحرارة "Temperature Efficiency" والحرارة المتجمعة "Accumulated Temperature" وصفر النمو "Zero point of Growth" (والتبخر / والتنع) "Evapotranspiration" وهو ما يطلق عليه كذلك تعبير « التبخر الكلي » .

(١) Livingston, B.E., « Study of Plant Growth in Relation to Climatic Conditions, »

Physical Review, vol, 1 1916 pp. 399-420.

في أواخر القرن التاسع عشر ظهر في ألمانيا نوع جديد من الدراسات المناخية التي فرضتها الحاجة الشديدة لمضاعفة استغلال الأراضي الزراعية حتى يمكنها أن تواجه التزايد المستمر في عدد السكان ، فقد رأى بعض الباحثين وعلى رأسهم كراوس "Gregor Kraus"^(١) أن علم المناخ يمكنه أن يقدم خدمات كثيرة لهذا الاستغلال ، ولكنهم لاحظوا أن الدراسات المناخية العامة التي تعتمد فقط على المعدلات التي تنشرها المراصد المختلفة كثيرا ما تعطي صورة مشوهة لما هو موجود في الطبيعة فعلا ، لأن هذه المعدلات تهمل كثيرا من التفاصيل المهمة التي قد تكون لها آثار عظيمة في حياة النباتات ، كما أنها تهمل في معظم الأحيان مراعاة الظروف الجغرافية المحلية التي يكون لها أحيانا أثر واضح في تنوع المناخ واختلافه من بقعة إلى أخرى في الإقليم الواحد ، ولذلك فإن هذه الدراسات العامة لم تكن لها الفائدة المرجوة في الحياة العملية خصوصا ما يتعلق منها بالاستغلال الاقتصادي للأرض ، فالزراع مثلا لا يهتم كثيرا أن يعرف المعدلات الشهرية والسنوية للمطر أو درجة الحرارة في الإقليم الذي يعيش فيه بصفة عامة ، بل إن الذي يهتم به قبل كل شيء هو أن يعرف الظروف المحلية الخاصة بمحله ، وهي الظروف التي قد تجعل هذا المحل مختلفا اختلافا كبيرا عن غيره من الحقول التي في نفس الإقليم . ويبدو هذا واضحا بصفة خاصة في البلاد الجبلية التي تتعدد فيها مظاهر السطح حيث نجد مثلا أن الجبل الواحد قد تمثل عليه جميع أنواع المناخ تقريبا ، فبصرف النظر عن الحقيقة المشهورة الخاصة بتناقص درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع ، نلاحظ أن هناك فروقا كبيرة جدا بين مناخ الجوانب المختلفة للجبل الواحد ، ففي نصف الكرة الشمالي تكون الجوانب الجنوبية عادة أدفا ونصيبها من أشعة الشمس أكبر من الجوانب الشمالية . كما أن النظام اليومي لدرجة الحرارة

Kraus, Gregor. « Boden und Klima auf Kleinem Raum »

(١)

Jenz, Fischer 1911

يختلف اختلافا واضحا من جانب إلى آخر ، وذلك تبعا لدرجة الميل التي تسقط بها أشعة الشمس على الأرض ، واختلاف ساعات سقوطها على الجوانب المختلفة . ومن المعروف كذلك أن الجوانب المواجهة لهبوب الرياح المحملة ببخار الماء تكون دائما أغزر مطراً من الجوانب المضادة التي تقع فيما يعرف باسم « ظل المطر » .

ولكن كان ارتفاع الجبال وشكلها يساعدان على خلق أنواع متباينة من المناخ ، فإن هذا هو أيضا شأن الوديان والمنخفضات ، فقاع الوادي يكون عادة أدفاً أثناء النهار من جوانبه . أما أثناء الليل فيحدث العكس لأن الهواء البارد يميل دائما للهبوط بسبب ازدياد كثافته حيث يتجمع في قيعان الوديان والمنخفضات ، ولهذا فإن الحقول التي توجد في هذه القيعان (في المناطق المعتدلة الباردة) تكون عادة أكثر تعرضا لخطر الصقيع من الحقول التي على الجوانب المرتفعة . وهذه الحقيقة تبدو واضحة كذلك بالنسبة لمجاريات الجبال ، حيث تكون الأجزاء السفلى منها أبرد أثناء الليل من الأجزاء العليا ، وذلك على العكس لما هو معروف عموما عن تناقص درجة الحرارة بالارتفاع .

وليس من شك في أن الحياة النباتية التي تغطي سطح الأرض في بعض الأماكن ودرجة كثافتها لها كذلك تأثير ظاهر على المناخ ، وهو تأثير ملطف في غالب الأحيان ، ويكفي أن نشير إلى ما نلمسه في حياتنا العامة من فرق واضح بين مناخ المدن ومناخ الريف ، ولو أننا يجب أن نلاحظ من ناحية أخرى أن ظروف المدن نفسها بما فيها من مباني ومصانع وما ينتشر في جوها من أتربة ودخان ومواد عالقة ، وفي منازلها من مواقد ، كل ذلك له دخل كبير في إظهار الفرق بين مناخ المدن ومناخ الريف .

وليس مذكرونا هنا إلا أمثلة قليلة فقط للدور الهام الذي يمكن أن تلعبه الظروف المحلية في تنوع مظاهر المناخ وما يترتب على ذلك من تنوع في مظاهر الحياة المختلفة داخل المنطقة الواحدة ، ولهذا فإننا نجد أن الجغرافيين أخذوا في

السنوات الأخيرة يهتمون بصفة خاصة بدراسة تفاصيل المناخ في مناطق صغيرة محدودة المساحة ، أكثر من اهتمامهم بدراسة المظاهر العامة في مناطق واسعة ، وقد أدى هذا الاتجاه الحديث إلى تشعب علم المناخ واتساع مجال البحث فيه من هذه الناحية أيضا ، فبدأنا نقرأ مثلا عن موضوعات جديدة مثل مناخ الجبال ومناخ الوديان ومناخ المدن ومناخ سطح التربة أى على ارتفاع لايزيد على متر واحد منها ، وغير ذلك من الموضوعات التى أصبح يضمها فرع جديد عظيم الأهمية من علم المناخ يطلق عليه بصفة عامة اسم « علم المناخ التفصيلي أو الميكروسكوبى Macroclimatology » ، وقد أصبح علم المناخ التفصيلي في الوقت الحاضر من أهم العلوم التى توجه إليها الدول المتحضرة عناية بالغة لما لها من أهمية اقتصادية خطيرة يبدو أثرها واضحا بالنسبة لتوزيع مظاهر الإنتاج المختلفة سواء منها ماهو زراعى أو ماهو صناعى .

١ - ٤ - ٣ علم المناخ التطبيقي Applied Climatology^(١) :

ليس من شك في أن المناخ هو أهم العوامل الطبيعية التى تتدخل بطريق مباشر أو غير مباشر في تشكيل سطح الأرض وما عليه من مظاهر متباينة ، سواء في ذلك تلك المظاهر الخاصة بتضاريس القشرة الأرضية وتكوينها ، أو تلك التى تتصل بتكوين التربة وبجياة النبات والحيوان بجميع أنواعهما ، وليس الإنسان بأقل الكائنات الحية تأثرا بهذا العامل سواء في الماضي أو الحاضر ، فلتن استطاع العقل البشرى أن يغير بعض الشيء من مظاهر سطح الأرض ، وأن يغزو بمخترعاته أجواز الفضاء وعروض البحار وأن يبدأ ارتياد سطح القمر ، فإن الإنسان كان ولم يزل وسيظل دائما عبدا لظواهرات الجو وأحوال المناخ ، (١) إن علم المناخ التطبيقي علم واسع وله علاقاته المتشعبة وقد عولج في كتابات عديدة نذكر منها على سبيل المثال الكتب التالية :

- Smith Keith (1975) - Principles of Applied Climatology McGraw Hill (Uk).
- Critchfield H.J. (2nd ed. 1966)- General, Climatology- Prentice Hall, New Jersey, Chapters 11 to 15.
- Brooks, C.E.P. (1950)- Climate in Every day Life - E. Benn, London.

ولن يستطيع مهما طال الزمن أن يتحرر كلية من سيطرتها عليه وتحكمها في مشروعاته وأرزاقه ، بل وفي لونه وصحته ومزاجه ، ولن نستطيع أن ندخل هنا في تفاصيل العلاقة بين المناخ وحياة الانسان ، ولهذا فأننا سنكتفى بذكر أمثلة محدودة جدا لتوضيح هذه العلاقة . كتمهيد مختصر للدراسة أكثر توسعا في « علم المناخ التطبيقي » .

المناخ والزراعة :

منذ أقدم العصور كان الزارع والراعى يخضعان خضوعا تاما لرحمة الظروف المناخية ، ولا يزال هذا هو حالهما في الوقت الحاضر ، إذ أن المناخ هو المتحكم الأول في توزيع الحياة النباتية والحيوانية في العالم ، فلا يمكن مثلا أن تنجح زراعة غلة مثل القمح على نطاق واسع في الأقاليم الاستوائية ذات الأمطار الغزيرة طول العام ، أو أن تنتشر زراعة الكاكاو أو المطاط في الأقاليم الباردة ، فلكل نبات ظروفه المناخية التي تلائمها والتي لايجود إلا فيها ، وهكذا تحددت مناطق الإنتاج الزراعى سواء في ذلك إنتاج المواد الغذائية أو إنتاج المواد الأولية اللازمة للصناعة ، وتحددت تبعا لذلك طرق التجارة ومناطق الإنتاج والاستهلاك .

وبتحكم المناخ فضلا عن ذلك في نظام الزراعة في المنطقة الواحدة فهو الذى يفرض على الزراع أن يتبعوا نظاما خاصة في توزيع محصولاتهم على فصول السنة ، ومن الطبيعى أن يكون تحكم المناخ في الإنتاج الزراعى أقوى في الأقاليم التي تعتمد الزراعة فيها على المطر منه في الأقاليم التي تقوم الزراعة فيها على الري ، فكثيرا مايؤدى نقص الأمطار في سنة من السنين إلى فشل الزراعة أو فقر المرعى مما يترتب عليه حدوث مجاعات خطيرة ، كما يحدث كثيرا في بعض مناطق استراليا والهند وشمال إفريقيا وغيرها من المناطق التي تتغير كمية الأمطار التي تسقط فيها تغيرا كبيرا من سنة إلى أخرى ، وقد يحدث العكس تماما في بعض الأحيان فتزداد الأمطار بدرجة يتلف معها الزرع ويتعذر الحصاد فيهبط المحصول هبوطا كبيرا ، كما يحدث كثيرا في مناطق زراعة القمح بغرب

أوروبا ، فالقمح يعتبر من النباتات التي نحتاج لكي يتم نضجها إلى فترة جفاف قبل الحصاد وإلا فسد المحصول وقل الإنتاج .

ولكن كان الإنسان قد عجز عن أن يعدل الظروف المناخية على حسب رغباته ، فإنه لم يعجز تماما عن أن يتحارب عليها بوسائله الخاصة ، فقد استطاع مثلا أن ينقل زراعة غلة من الغلات ، ولو على نطاق ضيق ، إلى مناطق لم تكن تصلح لها من قبل ، وذلك باستنبات فصائل وأنواع جديدة تكون أقدر على تحمل بعض الظروف المناخية التي تتحملها الفصائل والأنواع الأصلية ، فقد أمكن مثلا استنبات فصائل كثيرة من الذرة يصلح كل منها لنوع معين من أنواع المناخ ، ومن هذه الفصائل ما يصل ارتفاع نباته إلى ستة أمتار ويحتاج ثموه ونضجه إلى ما بين عشرة أشهر وأحد عشر شهرا^(١) ، وهذه الفصائل هي التي يمكن زراعتها في المناطق الحارة ، التي لا ينخفض متوسط درجة الحرارة فيها في أي شهر من شهور السنة انخفاضا يضر النبات أو يوقف ثموه ، وإلى جانب ذلك استنبت أنواع من الذرة لا يكاد يصل ارتفاعها إلى ثلاثة أرباع المتر ، ولا تحتاج لثموها إلى أكثر من ثلاثة أشهر ، ومثل هذه الأنواع تزرع غالبا في المناطق الباردة نسبيا حيث يكون الفصل الدافئ الذي يستطيع النبات أن ينمو خلاله قصيرا ، كما هي الحال في بعض مناطق وسط أوروبا وأمريكا الشمالية .

ومن أنواع الذرة أيضا نوع يزرعه الهنود الحمر منذ زمن طويل في جنوب غرب أمريكا الشمالية ، وهذا النوع لا يحتاج إلا إلى كميات قليلة جدا من الماء ، ولهذا فإنه يمكن أن يجود في المناطق التي لا تكفي موارد المياه فيها لزراعة الأنواع الأخرى من الذرة ، وتغرس بذور هذا النوع عادة في التربة على عمق لا يقل عن قدم واحد من سطح الأرض ، وذلك حتى يمكنها أن تستفيد من الرطوبة الموجودة في الأجزاء السفلى من التربة ، وياحبذا لو جربت زراعته في بعض المناطق شبه الصحراوية في الوطن العربي ، كما هي الحال في المناطق

Gove Hambidge, U S Department of Agriculture Year-book 1941

(١)

« Climate and Man » P 31

الساحلية من شمال الصحراء الغربية وشمال شبه جزيرة سيناء في جمهورية مصر العربية .

وما قيل عن الذرة يمكن أن يقال كذلك عن كثير من الغلات الأخرى التي يعظم الطلب عليها في جميع أنحاء العالم إما لقيمتها كمادة غذائية كما هي الحال في القمح والأرز ، أو لأهميتها كمادة أولية لازمة للصناعة ، كما هي الحال في القطن ، فجميع هذه الغلات قد أمكن التوسع في زراعتها بحيث أصبحت تنتشر في مناطق كان المعتقد من قبل أن أحوالها المناخية لا تصلح لها .

ويظهر أثر المناخ ومقدار ما يبذله الإنسان من مجهود للتحايل عليه بصورة أوضح في حالة إنتاج الخضروات الغذائية مثل الطماطم والمقالي . فعلى الرغم من أن هذه النباتات تعتبر حساسة جدا للتغيرات الجوية ، فقد أصبح من الممكن زراعتها في الوقت الحاضر في جميع أنحاء العالم تقريبا ، ولو على نطاق ضيق ، وببذل مجهودات كبيرة واتباع وسائل خاصة ، قالى جانب استنبات أنواع وفصائل لها قدرة على تحمل صنوف مختلفة من المناخ أمكن إنتاج بعض هذه الخضروات في ظروف جوية صناعية ، وذلك بزراعتها في بيوت من الزجاج يمكن التحكم في درجة الحرارة داخلها ، ولهذا فليس من المستغرب أن تزرع الطماطم مثلا في كثير من الأقاليم المدارية وأن تزرع في نفس الوقت في بريطانيا وغيرها من دول غرب أوروبا ، والفارق الرئيسى هو أنه بينما يضطر الزراع في الاقاليم المدارية أحيانا لزراعة النبات في ظل بعض الأشجار ، أو تغطية شجيراتهم بطرق خاصة لحمايتها من أشعة الشمس القوية ، فإن الزراع الأوروبي قد يضطر لوضع هذه الشجيرات في بيوت من الزجاج يمكن أن تنفذ منها أشعة الشمس فيظل الجو بداخلها دافئا ، ويحدث ذلك عادة في الفصل الذى يكثر فيه ظهور الصقيع . أو تنخفض أثناءه درجة الحرارة بصورة تؤذى النبات ، وكثيرا ماتوقد النيران في بساتين الفواكه لنفس الغرض .

ولئن كان المناخ يؤثر تأثيرا مباشرا على توزيع المحاصيل الزراعية فيجب ألا يخفى علينا انه كذلك عامل أساسى في تكوين التربة التي تعتبر مع المياه العذبة

الأساس الأول لوجود الإنسان وبقائه ، فلولا وجود التربة الصالحة للزراعة أو حتى لظهور الحياة النباتية الطبيعية وما يعيش فيها أو عليها من حياة حيوانية لما استطاع الإنسان أن يبقى وينتشر على سطح الأرض ، كما أن النباتات الطبيعية نفسها وتباين أنواعها وتوزيعها ليست إلا أثرا من آثار الظروف المناخية وتباينها من مكان إلى آخر .

ويكفى أن نذكر أن الرخاء الذى تتمتع به بعض أقاليم العالم والمجاعات التى قد تتعرض لها أقاليم أخرى والأمراض التى تصيب المحاصيل المختلفة من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر ليست كلها إلا مظاهر مترتبة على المناخ والطقس .

المناخ والصناعة :

ولئن كانت دراسة المناخ والأحوال الجوية مهمة للزراعة فإن أهميتها تبدو واضحة كذلك بالنسبة للصناعة ، فمن المعروف أن بعض الصناعات يلزم لقيامها نوع معين من المناخ ، فصناعة الغزل والنسيج مثلا يلزم لنجاحها نسبة عالية من الرطوبة فى الهواء حتى لا تنقصف التيلة عند غزلها ونسجها ، ويظهر هذا فى صناعة غزل ونسيج القطن أوضح منه فى صناعة غزل ونسيج الصوف ، إذ أن الأولى تحتاج إلى نسبة من الرطوبة أعلى بكثير مما تحتاجه الثانية ، والمثال التقليدى الذى يضرب عادة لتوضيح هذه الحقيقة هو أن صناعة القطن قد تركزت فى مقاطعة لنكشير فى غرب إنجلترا ، حيث يكون الهواء عادة محملا بنسبة مرتفعة جدا من الرطوبة ، بينما تركزت صناعة الصوف فى مقاطعة يوركشير المقابلة لها فى الشرق حيث تكون نسبة الرطوبة فى الهواء أقل نوعا ما منها فى لنكشير ، ولعل هذا هو السبب أيضا فى أن معظم صناعات الغزل والنسيج فى مصر توجد بصفة خاصة فى النصف الشمالى من الدلتا .

ومن الصناعات الأخرى التى اشتهرت بشدة حساسيتها للظروف الجوية صناعة السجاير والسيجار ، فهى تحتاج إلى درجة حرارة ونسبة رطوبة عاليتين ، وعلى العكس من ذلك يلاحظ أن صناعة المواد الغذائية ، مثل صناعة

حفظ اللحوم والأسماك والخضروات والمواكه كلها تحتاج غالباً إلى جو بارد ،
وكلما كان الهواء جافاً كان ذلك أدعى لنجاح الصناعة .

ولكننا مع ذلك نلاحظ أن كثيراً من الصاعات أمكنها في الوقت الحاضر أن
تتحرر إلى حد ما من سيطرة المناخ والأحوال الجوية ، وذلك بعد أن تقدمت
وسائل التبريد والتدفئة وغيرها من وسائل تكييف الهواء ، بحيث أصبح من
الممكن خلق أجواء صناعية داخل المصانع على حسب الحاجة ، وفضلاً عن
ذلك فإن المصانع أصبحت تبنى أحياناً تحت سطح الأرض حتى تكون بعيدة
بقدر المستطاع عن تأثير التقلبات الجوية المختلفة .

علاقة المناخ والجو بالملاحة والحرب :

ولا تخفى علينا كذلك أهمية الدراسات الجوية بالنسبة للملاحة البحرية
والجوية على حد سواء ، فالطيار أو البحار كلاهما عليه أن يتأكد من حالة الجو
وما يمكن أن يطرأ عليه من تغيرات قبل أن يمضي في رحلته ، ومع ذلك فكثيراً
مانسمع عن حوادث سقوط الطائرات أو غرق المراكب بسبب تقلبات فجائية
في الظروف الجوية مثل حدوث العواصف أو انتشار الضباب الكثيف فوق
الموانئ والمطارات وعلى خطوط الملاحة ، وكذلك القائد في ميدان القتال عليه
أن يراقب الأحوال الجوية بكل حذر ، فكثيراً ما كانت الظواهر الجوية سبباً
في خسارة بعض المعارك المهمة أو كسبها . ومن الثابت أن بعض فصول السنة
تكون أصح من غيرها لنجاح العمليات الحربية المختلفة ، وذلك على حسب
نوع الأسلحة التي تستخدمها الجيوش المتحاربة ، فالمتبع لسير الحروب في
الشرق الأقصى في السنوات الأخيرة مثلاً ، يلاحظ أن الجيوش الأمريكية
المجهزة بالطائرات والأسلحة الثقيلة تفضل عادة القيام بعمليات الغزو والهجوم
في الأشهر التي تقل أثناءها الأمطار والتقلبات الجوية ، حتى يسهل استخدام
الطائرات والعربات والدبابات في الميدان ، بينما يفضل المجاهدون الوطنيون
الأشهر الممطرة للقيام بمثل هذه العمليات ، لأنهم (على الأقل في الوقت
الحاضر) أقل من الدول الاستعمارية اعتماداً على الطائرات والدبابات في

حروبهم ، وذلك إلى جانب أنهم يكونون في هذه الأشهر أقل تعرضا لهجمات هذه الأسلحة من القوات الأمريكية .

المناخ وموارد المياه :

من الثابت أن موارد المياه ، سواء مائية سطحية أو مائية جوفية ، مصدرها مياه الأمطار التي تمثل عنصرا أساسيا من عناصر المناخ ، وبالإضافة إلى علاقاتها المباشرة بالأمطار فإن هذه المياه ، وخصوصا المياه السطحية تتأثر كذلك بدرجة الحرارة التي تعتبر العامل الرئيسي الذي يؤدي إلى ضياع مقادير متباينة من مياه الأمطار بالتبخر ، الذي يمثل مرحلة رئيسية من مراحل الدورة المائية . والواقع أن المظاهر الجوية في هذه الدورة ، وأهمها التبخر والتكثف والتساقط ، كلها مظاهر مناخية . ولتوزيع المياه على سطح الأرض علاقات قوية بالدورة الهوائية العامة ، التي تنتقل بواسطتها الرطوبة من بعض المناطق إلى مناطق أخرى حيث تتكثف وتسقط بشكل أمطار ، أو بأي شكل آخر من مظاهر التكثف . وتلعب الكتل الهوائية الجافة والرطبة هي الأخرى دورا هاما في هذا التوزيع ، فالكتل الهوائية الجافة التي تتكون على اليابس تساعد على سرعة التبخر فتزيد من جفافه حيث تنقل عند خروجها منه مقادير كبيرة من رطوبته ومياهه ، أما الكتل الهوائية البحرية الرطبة فتحمل إليه على العكس من ذلك كثيرا من بخار الماء الذي يتكثف إذا مصادف ظروف ملائمة لذلك ، كأن يرتفع هوائها بالتصعيد أو عند مصادمته للحافات الجبلية فيؤدي إلى سقوط الأمطار .

وهكذا فإن المناخ هو المسئول الأول عن الدورة المائية وعن توزيع المياه على سطح الأرض وفي طبقاتها ، ولهذا فإن دراسته تحتل جانبا أساسيا في دراسة تصريف مياه الأنهار ، ونظام جريانها وإمكانات تخزين مياهها ، وتقدير احتمالات الفيضانات واحتمالات حدوث حالات القحط والجفاف^(١)

(١) لمزيد من القراءة في هذا الموضوع راجع :

Critchfield, H J (2nd ed 1966)

General Climatology-Prentice Hall, New Jersey, PP, 248-265.

المناخ والعمران :

يتدخل المناخ في التخطيط العمراني الحديث من بعض النواحي ، مثل اختيار المناطق الصناعية والمناطق الترفيهية والمناطق السكنية . وأهم العناصر المناخية التي تراعى في هذا التخطيط هي الرياح لأنها هي التي تفرض وضع المناطق الصناعية وأماكن تجمع النفايات في اتجاه انصرافها بعد مرورها على الأحياء السكنية والأحياء الترفيهية . كما أن هبوب الرياح المعتدلة من ناحية البحر في المدن الساحلية وانخفاض المدى الحرارى على طول السواحل يعتبر من العوامل الهامة التي تدفع إلى امتداد معظم هذه المدن امتدادا طويلا محاذيا لساحل البحر ، وإلى وجود أهم مناطق الترفيه والتزهر على امتداد الشواطئ .

ولقد كان تأثير المناخ والأحوال الجوية واضحا على تصميم المساكن منذ أن بدأ الإنسان ينيها في عهوده الحضارية القديمة لسبب واضح وهو أن أحد الأهداف الرئيسية من بنائه لها هو الحماية من الأحوال الجوية . وأما كان نوع المسكن أو حجمه فإن المناخ يتدخل في اختيار موقعه واختيار المواد التي يبنى بها وتصميمه . والعناصر المهمة التي تراعى عادة في هذا الاختيار هي درجة الحرارة والإشعاع الشمسى والمطر والرياح .

وليس المناخ السائد وحده هو الذى يتدخل في تصميم المساكن وتوجيهها ، بل إن المناخ التفصيلى للمواضع التى تختار للبناء يمكن أن يجعل بعض المواضع أصلاح للسكنى من غيرها داخل النوع الواحد من المناخ . ويرجع التباين في المناخ التفصيلى من موضع إلى آخر إلى عوامل محلية مثل ارتفاع الأرض أو وجود مسطحات مائية أو غطاءات نباتية أو مناطق صناعية أو مبان قريية .

المناخ وصحة الإنسان :

من الثابت أن هناك علاقة وثيقة بين صحة الإنسان وحالة الجو والمناخ ، فقد نبين مثلا أن بعض أنواع المناخ تساعد على انتشار أمراض

معينة ، ويعتبر المناخ الحار الرطب من أسوأ أراغ المناخ في هذه الناحية ، وذلك لأنه يساعد على تحلل المواد العضوية ، وعلى نمو الجراثيم والميكروبات والحشرات وانتشارها ، فضلا عن أنه يبعث غالبا على الكسل والخمول ويقلل من مقدرة الجسم على مقاومة الميكروبات ، وقد كان هذا المناخ من أهم العقبات التي اعترضت الأوروبيين عند استعمارهم للأقاليم الاستوائية ، وكثيرا ما كنا نسمع مثلا عن « مقبرة الرجل الأبيض » وهو الاسم الذي اشتهر به ساحل غانة في غرب أفريقية حيث تجتمع الحرارة والرطوبة الشديتان طول السنة . ومن الملاحظات المشهورة أيضا أن كثرة أشعة الشمس وقوتها بالقرب من خط الاستواء تساعد على زيادة سرعة نمو بعض الأجهزة والغدد في جسم الإنسان ، مما يؤدي إلى انخفاض سن البلوغ عنه في البلاد ذات المناخ المعتدل أو البارد ، فهو بالنسبة للإناث مثلا يقع بين سن الحادية عشرة والرابعة عشرة عند خط الاستواء وبين الثالثة عشرة والسادسة عشرة في الأقاليم المعتدلة ، وبين الخامسة عشرة والثامنة عشرة في الأقاليم القطبية^(١) .

ويلاحظ كذلك أن سكان الأقاليم القطبية محرومون تماما من أشعة الشمس خلال فترة من السنة يزداد طولها كلما اقتربنا من القطب ، الذي تنقسم السنة عنده بصفة عامة إلى فصلين ، هما فصل صيف طويل لاتغيب فيه الشمس مطلقا لمدة قد تصل إلى ستة أشهر ، وفصل شتاء مظلم قد يستمر ستة أشهر كذلك . ويتعرض الإسكيمو الذين يعيشون في تلك العروض والرحالة الذين قد يصلون إليها خلال هذا الفصل المظلم لبعض الأمراض التي تنشأ نتيجة لحرمان الجسم من أشعة الشمس ، ومن أهمها فقر الدم (الأنيميا) والأرق وعسر الهضم ولين العظام Rickets وغيرها .

ولكن إذا كان مناخ بعض الأقاليم يساعد على انتشار أنواع معينة من الأمراض فقد ثبت من ناحية أخرى أن هناك أنواعا من المناخ تساعد على علاج بعض الأمراض المشهورة ، حتى أن « تغير الهواء » أصبح من أهم وسائل العلاج الحديثة التي ينصح بها الأطباء ، فقد تبين مثلا أن هواء الجبال يساعد

Lebon, J.H.G.. « an Introduction to Human Geography », 1952, P. 4, 3

(١)

كثيرا على علاج أمراض الرئة ، وذلك بسبب تخلخله ونقاؤه وانخفاض نسبة الرطوبة به ، كما تبين أن هواء الصحراء يساعد على علاج أمراض القلب ، وهو يشبه هواء الجبال في نقائه كما أنه يمتاز بجفافه ، ولكنه أقل تخلخلا من هواء الجبال مما يجعله أقل إجهادا للقلب^(١) .

والمعروف أن الجسم البشرى يتأثر تأثيرا مباشرا بتقلبات الجو خصوصا مايتعلق منها بارتفاع الحرارة أو انخفاضها ، ولكن مهما زادت التغيرات الحرارية فمن الثابت أن درجة حرارة الجسم تظل ٣٧° مئوية ، وأنها إذا ارتفعت عن ذلك بأكثر من أربع درجات فقد تعطل معظم أجهزة الجسم الحساسة وغالبا ماتحدث الوفاة إذا وصل الارتفاع إلى خمس درجات ، بينما يستطيع الجسم من ناحية أخرى أن يتحمل انخفاضا قد يصل إلى عشر درجات مئوية ، بمعنى أن الإنسان يمكنه أن يظل حيا حتى ولو انخفضت درجة حرارته إلى ٢٧° . ولكي يظل الجسم البشرى محافظا على معدل درجة حرارته وهي ٣٧° مئوية زوده الله جلّت قدرته بوسائل متعددة لحفظ التوازن بين درجة حرارته ودرجة حرارة الجو المحيط به ، ففى الجو الحار يستطيع الجسم أن يتخلص من الحرارة التى تزيد فيه (بسبب عمليات الاحتراق التى تحدث به أو بسبب ارتفاع درجة حرارة الجو) بواسطة العرق الذى يؤدي تبخره إلى خفض درجة حرارة الجلد ، أما فى الجو البارد فان الجسم يحاول الاحتفاظ بحرارته عن طريق تقلص الاوردة والشرايين الملاصقة للجلد مما يقلل من اندفاع الدم فيها ووصوله إلى السطح حيث تتعرض حرارته للضياع بلامسة الجلد للجو البارد ، وبهذا الشكل تحتفظ الأعضاء الداخلية بحرارتها ، أما سطح الجلد والأطراف فقد تزداد برودتها بدرجة تؤدي إلى حدوث قشعريرة بها . والمعروف أن الدورة الدموية هى التى توزع الحرارة على مختلف أجزاء الجسم .

Miller A. Austin, « Climatology, » 4th., 1944, p. 4.

(١)

الغلاف الجوى

٢ — ١ — تركيبه

٢ — ٢ — طبقاته

٢ — ٣ — قياس عناصره المناخية

أولا — قياسها فى الطبقات العليا

ثانيا — قياسها فى الطبقة السفلى (المجاورة لسطح الأرض)

ثالثا — مواصفات المرصد الجوى البسيط .

الغلاف الجوى

Atmosphere

٢ - ١ - تركيبه :

الغلاف الجوى (أو الجو) هو الغلاف الغازى ، الذى يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، وهو يتكون فى قطاعه الأسفل القريب من سطح الأرض من الهواء الحقيقى ، الذى يتركب ، وهو جاف ونقى ، من عدة عناصر غازية متحدة مع بعضها بنسب معينة ، وأهمها النيتروجين (الأزوت) والأكسوجين اللذان يشكلان معا حوالى ٩٩٪ من حجم الهواء (٧٨٪ نيتروجين و ٢١٪ أكسوجين) ، أما الباقى وقدره ١٪ فتشترك فيه مجموعة من العناصر الأخرى أهمها الأرجون Argon (٠,٨٪) وثانى أوكسيد الكربون (٠,٣٪) والهيدروجين Hydrogen (٠,٠١٪) وعدد آخر من الغازات التى توجد بنسب ضئيلة جدا مثل النيون والأوزون .

والنسب المذكورة لتركيب الهواء ثابتة تقريبا فى كل مكان عند سطح الأرض ، باستثناء ثانى أوكسيد الكربون الذى يتغير تغيرا بسيطا على حسب توفر مصادره وأهمها عمليات الاحتراق والتلوث فى المناطق الصناعية والمدن المزدحمة . وينطبق هذا أيضا على عنصر الأوزون ، وهو شكل من الأشكال التى يتحول إليها الأكسوجين ، إذ أن نسبته تتغير تغيرا بسيطا مع تغير الأحوال الجوية ، حيث ترتفع نوعا ما فى الجو المضطرب عنها فى الجو الساكن . وقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن نسبته قد تناقصت فى الوقت الحاضر وصغر سمك الطبقة التى يوجد فيها بسبب تزايد ملوثات الهواء .

وعلى العموم فإن تركيب الهواء يتغير تدريجيا كلما زاد الارتفاع حيث تتناقص نسب عناصره الثقيلة وهى النيتروجين والأكسوجين وثنائى أوكسيد الكربون ، بينما تتزايد نسب عناصره الخفيفة مثل الأيدروجين والهيليوم والنيون . ولكنها لاتلبث هى الأخرى أن تتناقص فى القطاعات العليا حتى تختفى تقريبا على ارتفاع يتراوح بين ٣٠٠ و ٥٠٠ كم ، وهو أعلى ارتفاع للغلاف الجوى .

ويقدر على وجه الإجمال أن حوالى ٥٠٪ من الوزن الكلى للغازات التى يتألف منها الغلاف الجوى تتجمع فى قطاعه الأسفل حتى ارتفاع ستة كيلومترات وأن ٢٥٪ من هذا الوزن توجد فى الستة كيلومترات والنصف التى تلو ذلك .

وعلى الرغم من أن الهواء يتركب أساسا من العناصر الغازية السابقة فإنه يحتوى أيضا على نسب متباينة من الغبار وبخار الماء ، وهى مواد عالقة تتباين كمياتها ومعدلاتها من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر على حسب توفر مصادرها ، وهى تتناقص بصفة عامة ، وخصوصا الغبار ، كلما زاد الارتفاع .

ولكل من بخار الماء والغبار أهمية مناخية خاصة ، فبخار الماء هو مصدر كل مظاهر التكثف من سحب وأمطار وثلج وندى وصقيع ، وتتباين نسبته فى الهواء من مكان إلى آخر على حسب توفر مصادره ، وأهمها المسطحات المائية التى يؤدى تبخر مياهها إلى زيادة نسبة الرطوبة (بخار الماء) فى الهواء ، فإذا ما انتقل هذا الهواء إلى مناطق أخرى فإنه ينقل معه ما يحمله من بخار ، فإذا ما صادف ظروفا تساعد على تكثفه وسقوطه بأية صورة من الصور فإنه يعود إلى الأرض لينتهى مرة أخرى إلى البحر ، فتم بذلك الدورة المائية المعروفة .

أما الغبار فيتكون بمعناه العام من كل الجزيئات والحبيبات الصلبة التى يحملها

الهواء، وأهمها جزيئات الأتربة والرمال الناعمة وحبوب اللقاح المتطايرة من الأشجار وجزيئات النباتات الجافة والغبار الذى ينطلق من فوهات البراكين .

ويعتبر الغبار من أهم الملوثات الطبيعية للهواء ، كما أنه هو مصدر النويات التى يتكثف عليها بخار الماء فى الجو . وأنه يساعد الهواء على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس أثناء النهار وعلى سرعة فقدانها بالإشعاع أثناء الليل . وهو يشترك مع بخار الماء فى إحداث بعض الظواهرات الضوئية المعروفة مثل الشفق الذى يظهر عادة عند غروب الشمس وأحيانا عند شروقها .

٢ - ٢ - طبقات الغلاف الجوى (شكل ١) :

نظرا للطبيعة الغازية للغلاف الجوى واختلاف كثافة العناصر التى يتكون منها والمواد العالقة به ، وارتباطه بالجاذبية الأرضية فإن كثافته تتناقص كلما زاد الارتفاع بسبب تناقص غازاته الكثيفة وتناقص المواد العالقة به ف يأخذ نتيجة لذلك فى التخلخل والانتشار ولا تبقى به فى مستوياته العليا التى يزيد ارتفاعها على ٢٠٠ كيلومتر إلا بعض الغازات الخفيفة التى تتلاشى بدورها تدريجيا حتى تختفى فى منطقة التقائه بالفضاء :

ويترتب على التغير الذى يطرأ على تركيب هذا الغلاف وكثافته نتيجة لتزايد الارتفاع تغير فى خصائصه الضوئية والحرارية والكهرومغناطيسية . وعلى الرغم من أن التغير يحدث عادة ببطء وبالتدرج فقد أمكن تقسيم هذا الغلاف إلى عدة طبقات لكل منها خصائص معينة ، ولكنها تتداخل فى بعضها تداخلا تدريجيا بحيث لايسهل وضع حدود واضحة لكل منها ، ولهذا فإن مايفصلها عن بعضها عبارة عن مناطق انتقالية تختلط فيها صفاتها وليس لها بدورها حدود واضحة .

وكأى مادة غازية فإن الهواء الذى يشكل الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ، يتميز بسهولة التحرك فى كل الاتجاهات ، وبأنه قابل للانضغاط والانكماش ، وبأنه قابل للتمدد والانتشار، وهو دائم التحرك والانتقال ، سواء

على نطاق واسع بين مختلف الأقاليم ، أو في حدود صيقة بين الأماكن المتجاورة .

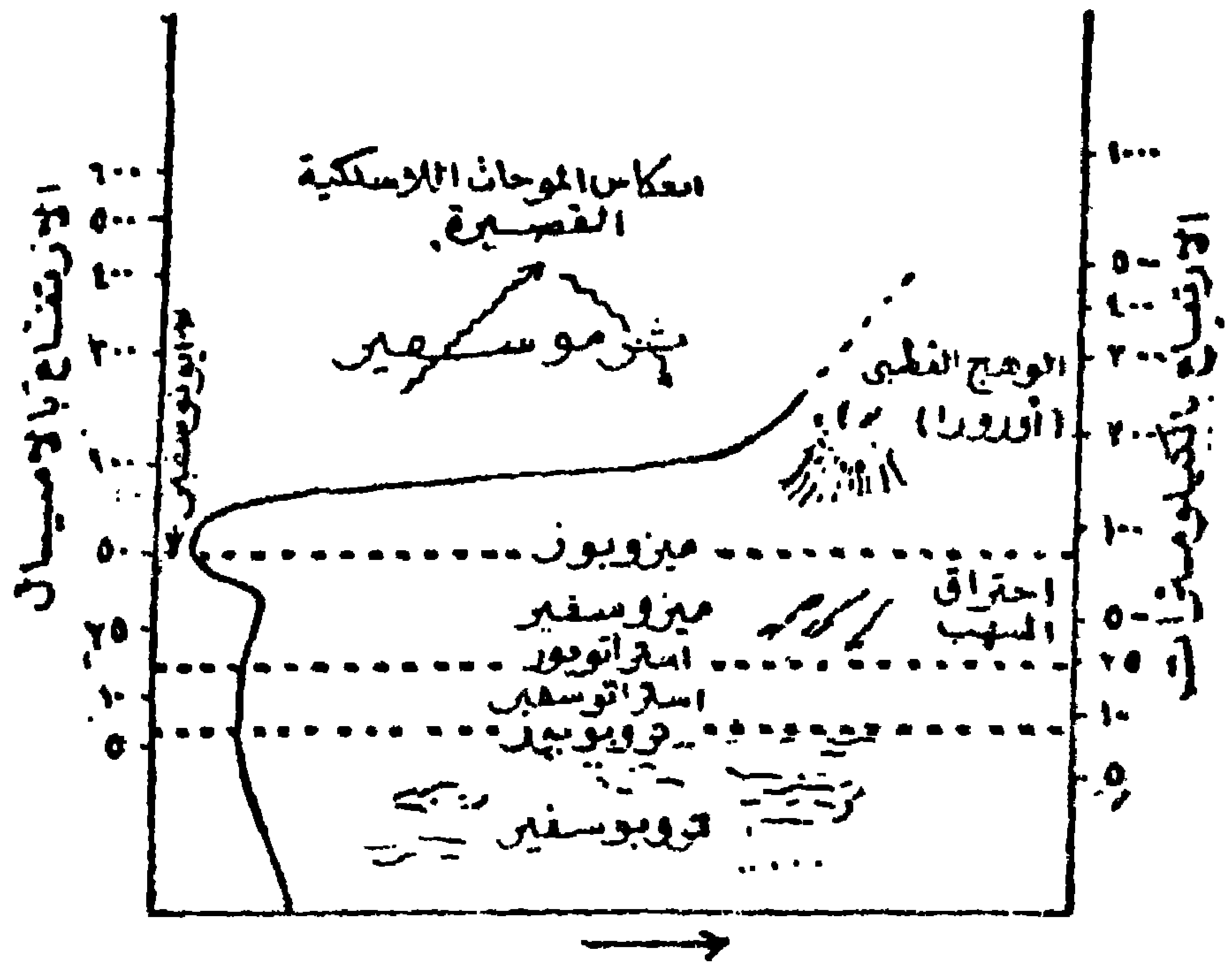
وعلى الرغم من أن صفات الهواء تتغير أفقياً ورأسياً تغيراً واضحاً فمن غير الممكن وضع حدود واضحة بين أنواعه المختلفة ، لأن هذه الأنواع تتداخل في بعضها تداخلاً تدريجياً بحيث تظهر عادة مناطق انتقالية بين الأنواع المتجاورة . ولهذا فإن الحدود الخطية التي ترسم على الخرائط أو في الأشكال التوضيحية بين طبقات الجو ، أو بين الكتل الهوائية المختلفة ، أو بين الأنواع المناخية لا تمثل في الواقع حدوداً بمعنى الكلمة .

ومن السهل تتبع التغير الرأسى الذى يطرأ على خصائص الغلاف الجوى وتركيبه إذا ما ارتفعنا فيه من سطح الأرض إلى أعلى بحيث يمكن تقسيمه إلى طبقات متداخلة بعضها في بعض ، وأول هذه الطبقات هى طبقة التروبوسفير Troposphere التى يتراوح سمكها بين ٨ و ١٨ كيلومتراً . وفيها يتجمع معظم الهواء بمعناه المعروف ، كما تحدث فيها معظم الظواهر الجوية التى لها علاقة مباشرة بمناخ الأرض . وفيها يتدرج الهواء فى تركيبه وكثافته ودرجة حرارته إلى أعلى .

وتستأثر طبقة التروبوسفير وحدها بنحو ٧٥٪ من وزن الغلاف الجوى كله ، وفيها توجد كل الغازات الثقيلة التى تدخل فى تركيب الهواء ، وأهمها النيتروجين والأكسوجين وثنائى أوكسيد الكربون ، وكل المواد العالقة بالهواء وهى بخار الماء والغبار . وكلما ارتفعنا فى هذه الطبقة تناقصت هذه الغازات وهذه المواد وقلت كثافة الهواء وتناقصت درجة حرارته ، كما تتناقص درجة الحرارة فيها تناقصاً عاماً كلما اتجهنا من خط الاستواء نحو القطبين ، وتتداخل طبقة التروبوسفير هذه تدريجياً فى الطبقة التى فوقها ، وهى طبقة الاستراتوسفير Stratosphere ، وتوجد بينهما طبقة انتقالية هى الاستراتوبوز Stratopause . ويتميز الاستراتوسفير بشدة برودته حتى أن درجة حرارته تصل إلى -٥٠°م ولكنها لا تتناقص بالارتفاع وفى هذه الطبقة تنعدم تقريباً

الغازات الثقيلة والمواد العالقة ، وعلى العكس مما يحدث في الطبقة السفلى أى التروبوسفير ، فإن درجة الحرارة تزايد في الاستراتوسفير كلما اتجهنا من خط الاستواء نحو القطبين . وتتداخل هذه الطبقة بدورها تداخلا تدريجيا في الطبقة التى فوقها وهى طبقة الميزوسفير Mesosphere . وتفصل بينهما طبقة انتقالية يطلق عليها اسم استراتوبوز Stratopause . وتبقى درجة الحرارة شديدة الانخفاض في طبقة الميزوسفير ، ويتزايد انخفاضها بسرعة في أجزائها العليا حتى تصل إلى أقل من -70° . وفي هذه الطبقة تحترق آلاف الشهب التى تندفع يوميا من الفضاء نحو الأرض .

وفي الطبقات الأعلى من الجو تتداخل طبقة الميزوسفير في طبقة الأيونوسفير Ionosphere من خلال طبقة انتقالية يطلق عليها اسم الميزوبوز Mesopause . وفيها تأخذ درجة الحرارة في الارتفاع بسرعة ثم تواصل ارتفاعها السريع في الأيونوسفير ، وهنا تحدث بعض الظواهر الضوئية المعروفة وأهمها ظاهرة الشفق أو الوهج القطبي أو « الأورورا Aurora » . وهى تظهر قرب الدائرة القطبية بشكل متائر من الأشعة الملونة التى تتبدل نحو الأرض . ويتدرج الأيونوسفير إلى أعلى حتى يتداخل في أعلى طبقات الغلاف الجوى وهى الترموسفير Thermosphere أى الغلاف الحرارى ، وهو غلاف انتقالي نحو الفضاء، وفيه ترتفع درجة الحرارة إلى 1000° أو أكثر، وفيه تنعكس الموجات اللاسلكية القصيرة التى تنطلق من الأرض فتعود إليها مرة أخرى حيث يمكن أن يلتقطها جهاز المذياع .



اتجاه تزايد الحرارة
شكل (أ) طبقات الغلاف الجوي

٢ - ٣ - قياس عناصر الجو المناخية :

اولا - قياسها في الطبقات العليا :

رغم أن ما يهمننا في دراسة المناخ هو قياس العناصر المناخية في التروبوسفير بصفة عامة وفي الهواء المجاور لسطح الأرض بصفة خاصة بسبب ما لها من علاقات مباشرة وغير مباشرة بكل المظاهر الطبيعية والحيوية والبشرية على سطح الأرض فإن قياس نفس هذه العناصر في أعلى الجو وخصوصا في أعلى التروبوسفير مهم هو الآخر لدراسة الدورة الهوائية العامة وحركات السحب والتبؤات الجرية وحركات الطيران ورحلات الفضاء وغيرها .

ومن الواضح أن طرق قياس العناصر المناخية في أعلى الجو تختلف عن طرق قياسها في أسفله ، فبالنسبة لقياس العناصر المناخية في أعلى الجو يستخدم عادة جهاز معروف باسم « الراديو سوند Radio Sonde » . وهو عبارة عن جهاز في حجم الراديو الصغير ، وبه أجهزة تسجيل وإرسال لقياس الضغط الجوي والحرارة وغيرهما وإرسال نتائج القياس إلى محطة الاستقبال على الأرض . ويعلق هذا الجهاز في بالون مملوء بالأيديروجين أو الهيليوم ليكون أخف من الهواء فيستطيع الارتفاع إلى مستويات عالية . ولكن المستويات التي يمكن قياس عناصرها بهذا الجهاز لا تزيد غالبا على ٣٥ كيلومترا . أما المستويات الأعلى من ذلك فكانت المعلومات الخاصة بها مينة على الحساب والاستنتاج . إلا أن تقدم أبحاث الفضاء واستخدام الأقمار الصناعية قد ساعد على توفير كثير من المعلومات المحققة عن هذه المستويات .

وتدور حول الأرض في الوقت الحاضر عدة أقمار صناعية متيورولوجية Meteosats لإرسال كل ما يمكن إرساله من بيانات عن مختلف عناصر الجو المتيورولوجية ، فهي ترسل مثلا صوراً للسحب والأمطار التي تظهر في مناطق واسعة ، كما ترسل بيانات عن الإشعاع الشمسي والضغط الجوي ودرجة

الحرارة وحركات الرياح ونشأة الأعاصير وغيرها .

وبالإضافة إلى الأقمار الصناعية التى تدور باستمرار حول الأرض تستخدم كذلك أقمار ثابتة فوق أماكن معينة لتصوير كل ما يمر فى مجالها من ظاهرات جوية فى مساحات شاسعة من الغلاف الجوى بل وعلى سطح الأرض .

ثانياً - قياسها فى الطبقة السفلى (المجاورة لسطح الأرض) :

تعتمد دراسة المناخ فى أى منطقة على القياسات التى تقوم بها المراسد الجوية لعناصر الجو المناخية المختلفة ، وأهمها الاشعاع الشمسى ودرجات الحرارة والضغط الجوى والرياح والتبخر والمطر وغيرها . ويوجد فى العالم فى الوقت الحاضر العديد من محطات الأرصاد الجوية التى تزيد كثافتها بصفة خاصة فى الدول المتقدمة عنها فى الدول النامية ، وخصوصاً الدول النامية الفقيرة التى مازالت مساحات واسعة منها مفتقرة إلى الرصد الجوى ، وحتى المراسد التى أسست بها لم تمض على تأسيسها إلا سنوات قليلة ، ولهذا فإن المتوسطات المتوفرة فيها لعناصر المناخ لاتغطى الفترة المتفق عليها دولياً لحساب المعدلات المناخية وهى ثلاثون سنة .

وتتباين محطات الأرصاد الجوية فى مراتبها ، فمنها محطات رئيسية تتلقى نتائج الأرصاد من مجموعة من المحطات الأصغر منها والمتشرة فى منطقة واسعة ولتكن دولة بأكملها ، وبعد أن تتلقى المحطة الرئيسية نتائج الأرصاد من المحطات التابعة لها تقوم باستخراج معدلاتها ونشرها ، كما تقوم باستخدامها فى رسم خرائط الطقس وعمل التنبؤات الجوية .

وبالإضافة إلى قياس عناصر المناخ قرب سطح الأرض فإن المحطات الرئيسية تقوم كذلك بقياس هذه العناصر فى المستويات الجوية الأعلى بواسطة جهاز الراديو سوند الذى سبقت الإشارة إليه ، والذى يطلق عادة مرة كل يوم حوالى منتصف النهار لقياس عناصر المناخ فى قطاع رأسى ابتداء من سطح

الأرض حتى أقصى ارتفاع يستطيع أن يرتفع إليه ، وهو لا يزيد عادة عن ٣٥ كيلومترا .

ثالثا - أجهزة الرصد ومواصفات المرصد الجوى البسيط :

تضم أجهزة الرصد الجوى فى الوقت الحاضر أنواعا متعددة بعضها تقليدى بسيط وبعضها حديث ومعقد ، وإن ما يهتما هنا هو الأجهزة البسيطة التى تستخدم عادة فى كل المراصد ومنها المراصد التعليمية ومراصد محطات البحوث الزراعية ومناطق تخزين المياه وغيرها .

والأجهزة المستخدمة فى هذه المراصد على نوعين هما :

١ - أجهزة تقرأ نتائج القياس عليها بواسطة الراصد أو غيره ، وتشمل كل أنواع الترمومترات ، والبارومترات ، والهيدرومترات (أجهزة قياس المطر) والهيجرومترات (أجهزة قياس الرطوبة) وأجهزة قياس التبخر .

٢ - أجهزة تسجيل أوتوماتيكية ، وهى تسجل نتائج القياس باستمرار بالرسم البيانى على خرائط خاصة . ومن أهم مميزات هذه الأجهزة أن نتائجها ليست معرضة للأخطاء البشرية ، وأنها تعطى تسجيلات مستمرة للعناصر المناخية بحيث يمكن حفظ خرائطها فى سجلات خاصة للرجوع إليها والاستفادة بها فى أى وقت ، ومن أشهر هذه المسجلات مسجل الضغط الجوى (الباروجراف) ، ومسجل درجة الحرارة (الترموجراف) ومسجل الرطوبة (الهيجروجراف) وجهاز تسجيل سرعة الرياح (الأنيمومتر) وأجهزة قياس المطر .

وباستثناء أجهزة قياس الضغط الجوى التى لا يشترط وضعها فى المرصد نفسه ، بل توضع عادة فى إحدى الحجرات المجاورة له فإن كل الأجهزة الباقية تقريبا توزع بترتيب خاص على المساحة المخصصة للمرصد . ولكن ينما يشترط لبعضها أن يكون معرضا للجو مباشرة مثل أجهزة قياس المطر والإشعاع

الشمسي والوعاء المستخدم لقياس التبخر فإن بعضها الآخر يجب أن يوضع في داخل كشك خاص Screen يحميه من الشمس والرياح ولكن لا يفصله تماما عن الجو ، وأهم هذه الأجهزة هي أجهزة قياس درجات الحرارة (الترمومترات ، والترموجراف) ، وأجهزة قياس رطوبة الهواء .

وأهم مواصفات المرصد البسيط هي :

١ — ان تكون أرضه مستوية ، وبعيدة عن أى مبان أو أشجار أو أى عوائق أخرى تؤثر على حركة الرياح وتوزيع أشعة الشمس على المرصد .
والمعتاد هو أن تكون مساحة القطعة التى يقام عليها المرصد هي 9×6 أمتار .

٢ — على الرغم من أن أكشاك الرصد المخصصة لحفظ أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة قد تتباين في أحجامها فإنها يجب أن تشترك في مواصفات خاصة هي :

أ — أن توضع بحيث تكون مرتفعة ارتفاعا كافيا عن الأرض حتى لا تتأثر درجة الحرارة بداخلها بالإشعاع الأرضي أو بالغطاء النباتي أو الجليدي إن وجد ، والمعتاد هو أن يكون البعد بين قاعدة الكشك وسطح الأرض حوالي ١٤٠ سنتيمترا .

ب — أن يكون بابها متجها نحو الشمال (في نصف الكرة الشمالي) حتى لا تدخله الشمس عند فتحه فتؤثر على الأجهزة .

ج — أن تكون جوانبه وبابه مصنوعة من الخشب المزدوج (مثل شيش النوافذ) حتى لا تسخن هذه الجوانب عند سقوط أشعة الشمس عليها ، كما تسمح في نفس الوقت بهويته .

٣ — من الممكن أن يضم المرصد ترمومترات خاصة لقياس درجات حرارة التربة على أعماق مختلفة وقياس درجة حرارة سطح الحشائش ،

الإشعاع الشمسى

- ٣ - ١ - تعريف الإشعاع الشمسى ونصيب الأرض منه .
- ٣ - ٢ - تركيبه .
- ٣ - ٣ - حساب الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض .
- أ - الطاقة الإشعاعية على سطح الغلاف الجوى .
- ب - الطاقة الإشعاعية المنتشرة *Diffuse radiation* .
- ج - تأثير الغلاف الجوى على الطاقة الإشعاعية .
- د - الميزانية الحرارية للأرض .
- ٣ - ٤ - التوزيع الجغرافى للإشعاع الشمسى .
- ٣ - ٥ - قياس الإشعاع الشمسى كعنصر من عناصر المناخ .

الإشعاع الشمسي

Solar Radiation

٣ - ١ - تعريف الإشعاع الشمسي ونصيب الأرض منه :

الإشعاع الشمسي بمعناه العام Solar Radiation هو الطاقة الإشعاعية التي تطلقها الشمس في كل الاتجاهات ، والتي تستمد منها كل الكواكب التابعة لها وأقمارها كل حرارة أسطحها وأجوائها ، وهي طاقة ضخمة جدا يقدرها البعض بنحو ١٧٠ ألف حصان لكل متر مربع من سطح الشمس ، ولكن الأرض لا يصبها إلا حوالى جزء من ألفى مليون جزء من هذه الطاقة ، وهذا القدر الضئيل هو المسئول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوى ، وهو الذى نقصده عادة عند الكلام على الإشعاع الشمسي كعنصر من عناصر المناخ ، ويطلق عليه لفظ « إنسوليشن Insulation »* .

٣ - ٢ - تركيبه :

يتكون الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض (الانسوليشن) من عدة أنواع من الأشعة المختلفة في ألوانها وأطواران موجاتها وخصائصها وعلاقاتها بجو الأرض وسطحها وما يحدث فيهما من عمليات طبيعية وكيميائية وحيوية ، وبما يعيش على الأرض من كائنات حية بمختلف الأشكال والأنواع .

فمن حيث ألوانها فإن الأشعة الشمسية الواصله إلى جو الأرض تضم كل

* كلمة Insulation مكونة من ثلاثة مقاطع يشمل المقطعان الأولان منها الحرفين الأولين من كلمتى Incoming و Solar ، بينما يشمل المقطع الثالث الحروف الأخيرة من كلمة Radiation

ألوان الطيف التي تظهر عند تحليل هذه الأشعة بواسطة منشور زجاجي أو عند سقوطها على السحب العالية وظهورها بشكل قوس ضوئي ملون يعرف باسم قوس قزح Rainbow . وأهم ألوانه هي الألوان البنفسجية ، والزرقاء ، والخضراء ، والصفراء ، والحمراء . وإن امتزاج هذه الألوان ببعضها بعد احتجاز بعضها في أعلى الجو مثل بعض الأشعة الزرقاء والأشعة فوق البنفسجية هو الذي يكون ضوء الشمس .

أما من حيث طول الموجات فإن أطول الموجات هي موجات الأشعة تحت الحمراء وطولها 0.7 ميكرون ، والأشعة الضوئية وطولها كذلك 0.7 ميكرون ، أما أقصرها فهي الأشعة فوق البنفسجية التي يقل طول موجاتها عن 0.4 ميكرون* ، وفيما بين هاتين النهايتين فإن الأشعة المرئية التي يتكون منها ضوء الشمس موجاتها متوسطة . وهي أكثر الأشعة تأثيراً على حرارة الأرض^(١) . وعندما تصل أشعة الشمس عموماً إلى سطح الأرض فإنه يمتص بعضها منها ويحولها من موجات قصيرة إلى طاقة حرارية طويلة الموجات تنتقل وتوزع رأسياً وأفقياً لتزود جو الأرض بالوقود اللازم لكل العمليات التي يتضمنها الطقس والمناخ ، والتي ينتج عنها تباين الأحوال الحرارية من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر .

٣ - حساب الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض أ - الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى أعلى الغلاف الجوي :

إن معظم الطاقة الإشعاعية التي تنطلق من الشمس تكون بشكل موجات كهرومغناطيسية تصل إلى أعلى الغلاف الجوي بشكل موجات قصيرة ، وتتوقف كميتها على عاملين رئيسيين هما : المعامل الشمسي الثابت Solar Constant والبعد بين الأرض والشمس . ومن المفروض أن نفس هذه الكمية

* الميكرون : $1/1000$ من المليمتر .

(١) Crichfield (١٩٦٦) op. cit. p. 14

هى التى كان من الممكن أن تصل إلى سطح الأرض إذا لم يعترضها الغلاف
الجوى .

والمقصود بالمعامل الشمسى الثابت هو الطاقة الإشعاعية الثابتة التى تقع على
١ سم^٢ من السطح العلوى للغلاف الجوى إذا ماسقطت عليه بشكل عمودى
عندما تكون الأرض واقعة على بعدها المتوسط من الشمس وهو ١٤٨ مليون
كيلومتر (٩٣ مليون ميل) . ومن الحسابات التى أجراها بعض الباحثين تبين
أن هذا المعامل الثابت هو ١٣,٩٤ سعر / سم^٢ / دقيقة^٢ .

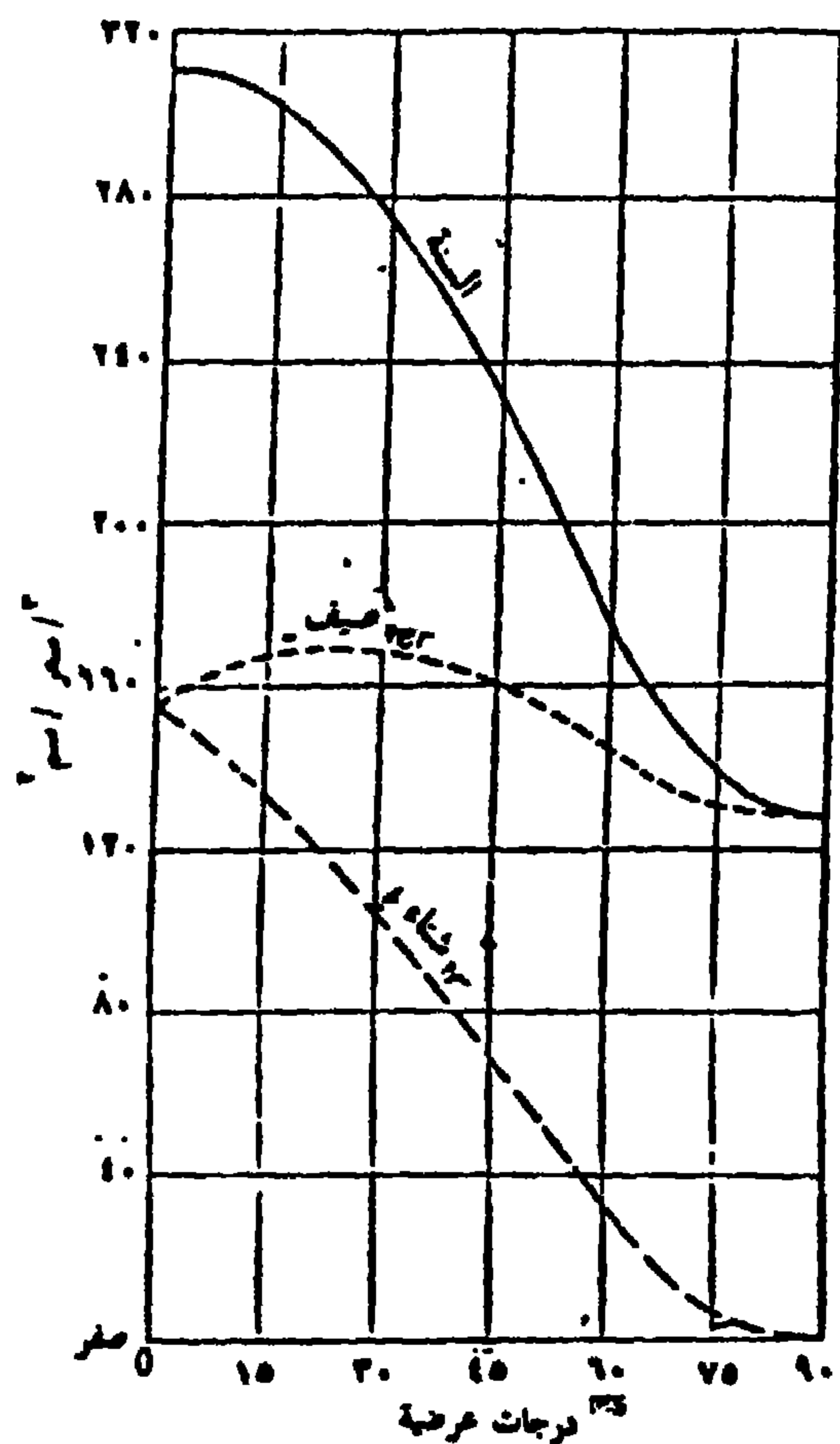
ولكن على الرغم من وصف هذا المعامل بأنه ثابت Constant فإنه ليس فى
الواقع ثابتاً تماماً بسبب ما يطرأ على سطح الشمس نفسها من تغيرات تترتب
عليها تغيرات فى الطاقة الإشعاعية المنطلقة منها ، وبسبب اختلاف بعد الأرض
عن الشمس فى الصيف عنه فى الشتاء ، فالمعروف أن هذا البعد يبلغ أدناه فى
أول شهر يناير حيث يبلغ ١٤٦,٤ مليون كيلومتر (٩١,٥ مليون ميل) ،
وعندئذ تكون الشمس فى موضع الرأس بالنسبة للأرض Perihelion ، ثم يبلغ
أقصاه فى أول شهر يوليو حيث يبلغ ١٥١,٢ مليون كيلومتر (٩٤,٥ مليون
ميل) ، وتكون الشمس عندئذ فى نقطة الذنب Aphelion ، ونتيجة لهذا
فإن الطاقة الشمسية التى تصل إلى أعلى جو الأرض تكون فى الحالة الأولى أى
فى يناير ٢,٠١ سعر / سم^٢ / دقيقة . ومع ذلك فإن هذا الاختلاف ليس له
تأثير مناخى يذكر بسبب تدخل العوامل الأخرى التى تؤثر على كمية الأشعة
وقوتها وأهمها طول المسافة التى تقطعها الأشعة عند اختراقها للغلاف الجوى ،
والزاوية التى تسقط بها على الأرض ، ودرجة صفاء الجو ومقدار مابه من
سحب وغبار وبخار ماء ، وطول النهار بالنسبة لطول الليل .

ونظراً لأن مساحة سطح الكرة تعادل أربعة أمثال مساحة مقطعها العرضى
فإن معدل الطاقة الإشعاعية التى تسقط على سطح مستبصر مربع من مقطع

(١) Haurwitz, B. & Austin, J. M. (1944) "Climatology", N.Y. p 5

(٢) Wienser, C.J. (1970) , Op. Cit. P. 11

أقصى من سطحها في حالة عدم وجود غلاف جوى ٠,٢٥ من لمعامل الثابت
الذى يمثل مايقع على أعلى الغلاف الجوى وهو ١,٩٤ سم / سم^٢ / دقيقة أى

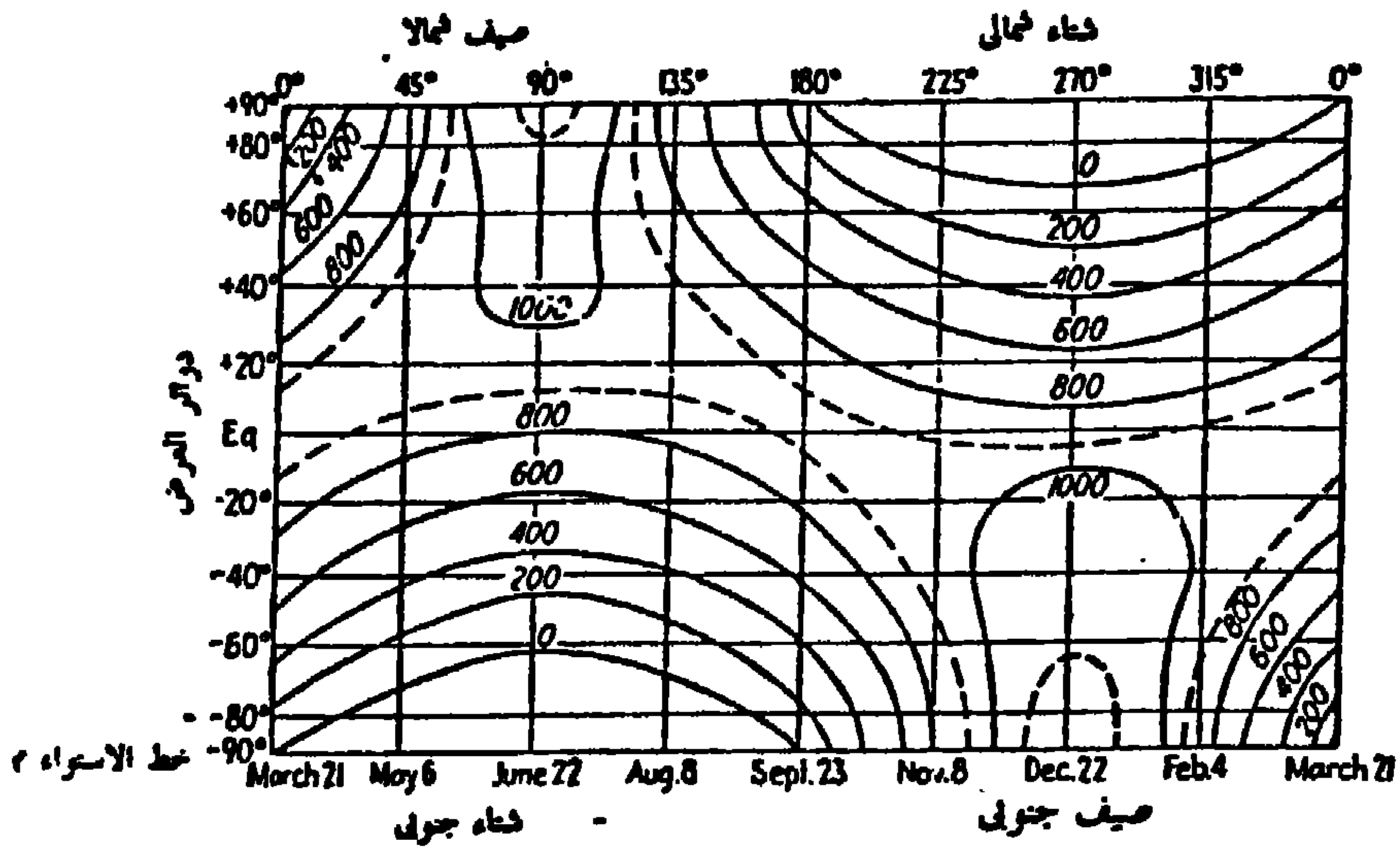


شكل (٢) كميات الإشعاع التى يطلقها كل ١ سم^٢ من السطح العلوى للغلاف الجوى (أو من
سطح الأرض إذا تعرضنا عدم وجود هذا الغلاف) في فصل الصيف والشتاء وفي السنة على دوائر
العرض المختلفة .

يكون $1.94 \div 4 = 0.485$ سم / دقيقة

وبين شكل (٢) كميات الإشعاع التي يتلقاها كل ١ سم من السطح العلوي للغلاف الجوي (أو من سطح الأرض إذا افترضنا عدم وجود هذا الغلاف) في فصلي الصيف والشتاء وفي السنة، وذلك على دوائر العرض المختلفة^(١) ومنه يتبين أن قمة الإشعاع السنوي . توجد على خط الاستواء وأدناها عند القطب ، ولكن هذه القمة تتحرك في فصل الصيف إلى خط عرض ٢٣° ، أما في فصل الشتاء فيكون هناك تناقص تدريجي في الإشعاع من خط الاستواء إلى القطب .

وبين شكل (٣) توزيع المعدلات اليومية للإشعاع الشمسي في حالة عدم وجود غلاف جوي على دوائر العرض المختلفة في تواريخ معينة ، وهو يوضح بخطوطه الإشعاع الشمسي المتساوي المحسوب بالساعات على كل سنتيمتر مربع



شكل (٢)

توزيع المعدلات اليومية للإشعاع الشمسي على دوائر العرض المختلفة على فرض عدم وجود غلاف جوي في تواريخ معينة .

Haurwitz & Austin, op cit p.6

Ibid P -

(١)

(٢)

في اليوم . ومن هذا الشكل يتضح أن قمة الإشعاع في فصل الصيف توجد في الأقاليم القطبية وأن حده الأدنى ، وهو صفر ، يوجد في نفس الأقاليم في الشتاء . وإلى جانب قمة الإشعاع الصيفية القطبية تظهر قمة أخرى ثانوية في نفس الفصل بين دائرتي عرض ٤٠° و ٥٠° في نصف الكرة ، كما يمثلها خط الأشعة المتساوي ١٠٠٠ سم . وتتميز الأقاليم المحصورة بين المدارين بوجود قمتين للإشعاع نتيجة لتعامد الشمس عليها مرتين أثناء تحركها نحو الشمال في فصل الصيف (الشمالي) وإلى الجنوب في فصل الشتاء .

وبين الجدول (١) معدل كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى أعلى الغلاف الجوي (أ) وكمية الإشعاع التي تصل إلى سطح الأرض بعد اختراق الغلاف الجوي (ب) على بعض دوائر العرض في الانقلابين والاعتدالين .

جدول (١) معدل كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى أعلى الغلاف الجوي (أ) ، وكمية الإشعاع التي تصل إلى سطح الأرض بعد اختراق هذا الغلاف (ب) على دوائر العرض المختلفة في التواريخ التي تمثل الاعتدالين والانقلابين (بالسرعات / سم / دقيقة)^(١) .

صفر-١٠	١٠-٢٠	٢٠-٣٠	٣٠-٤٠	٤٠-٥٠	٥٠-٦٠	٦٠-٩٠	
٠,٥٤٩	٠,٤٦٥	٠,٣٧٣	٠,٢٧٤	٠,١٧٣	٠,٠٧٩	٠,٠٠٦	٢١ ديسمبر
٠,١٦٤	٠,١٦١	٠,١٣٤	٠,٠٨٢	٠,٠٣٦	٠,٠١٣	٠,٠٠١	ب
٠,٦١٩	٠,٦٠١	٠,٥٦٣	٠,٥٠٩	٠,٤٤١	٠,٣٥٨	٠,٢١١	٢١ مارس
٠,١٩١	٠,٢٢٤	٠,٢٠٦	٠,١٦١	٠,١١٦	٠,٠٩٦	٠,٠٥٥	ب
٠,٥٧٩	٠,٦٢٩	٠,٦٦٤	٠,٦٨٤	٠,٦٨٩	٠,٦٨٣	٠,٧٠٣	٢١ يونيو
٠,١٤٤	٠,١٧٠	٠,٢١٦	٠,٢٣٣	٠,١٨٣	٠,١٥٩	٠,١٣٣	ب
٠,٦١٠	٠,٥٩٢	٠,٥٥٦	٠,٥٠٣	٠,٤٣٥	٠,٣٥٣	٠,٢٠٨	٢١ سبتمبر
٠,١٧٠	٠,١٦٢	٠,٢٠١	٠,١٨٣	٠,١٣١	٠,٠٧٩	٠,٠٢٨	ب

(١) Haurwitz & Austin (1944) Ibid. P. 12

ويتبين من هذا الجدول أن الغلاف الجوى يقلل كثيرا من كمية الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى الأرض ، وأنه فى حالة عدم وجوده فإن المناطق القطبية يكون مصيها من الأشعة فى وقت الانقلاب الصيفى أكبر منه فى أى نطاق آخر من سطح الكرة الأرضية ، إلا أن وجود الغلاف الجوى وميل الأشعة وطول المسافة التى تقطعها خلاله تقلل من الطاقة الإشعاعية التى تصل إلى الأرض فى هذه المناطق . وبدلا من ذلك فإن النطاق الذى يصيبه أكبر قدر من الأشعة هو النطاق المحصور بين دائرتى العرض 30° و 40° ، وذلك بسبب جفافه وقلة سحبه ، حيث أنه يتفق مع نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى الذى يسود فيه الهواء الهابط الجاف . وإن نفس هذا العامل ، وهو قلة السحب هو السبب فى أن الإشعاع الشمسى فى وقت الاعتدالين يصل إلى قمته فيما بين دائرتى العرض 10° و 20° فى الاعتدال الربيعى وفيما بين دائرتى عرض 20° و 30° فى الاعتدال الخريفى . وينطبق هذا عموما على نصفى الكرة الشمالى والجنوبى مع بعض الاختلافات التى ترجع إلى زيادة اتساع الماء بالنسبة لليابس فى النصف الجنوبى ، وما ينتج عنه من زيادة فى كميات السحب .

ب - الطاقة الإشعاعية المنتشرة Diffuse Radiation

ويقصد بها الإشعاع الذى يمتصه الجو ثم ينتشر منه إلى أعلى وإلى أسفل فيصل بعضه بالانتشار إلى سطح الأرض . ويطلق على هذا الإشعاع أحيانا اسم الإشعاع السماوى المنتشر Diffuse Sky Radiation^(١) . وهو يساهم فى حرارة سطح الأرض بقدر لا يقل عن القدر الذى يساهم به الإشعاع الشمسى المباشر . وتزداد مساهمته بصفة خاصة عندما تكون الشمس محتجبة بالسحب . ويبين الجدول رقم (٢) مقدار هذا الإشعاع على حسب الحسابات التى أجراها باور وفيليس (١٩٣٥) . وبمقارنة هذا الإشعاع بالإشعاع الشمسى المباشر كما حسبه نفس الباحثين (الجدول رقم ١) تبين أهمية الإشعاع المنتشر من السماء خصوصا فى العروض العليا وفى فصل الشتاء . كما

Critch field, op. cit. p. 15

(١)

يتبين أن هذا الإشعاع يمثل حتى في فصل الصيف نسبة لا يستهان بها من الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض ، كما أن توزيعه الفصلي يتشابه مع التوزيع الفصلي للإشعاع الشمسي المباشر الذي يصل كذلك إلى سطح الأرض . ويدور هذا واضحا بصفة خاصة في العروض الواقعة بين دائرتي عرض ٦٠° و ٩٠° في ٢١ يونيو . ففي هذه العروض يزيد الإشعاع السماوي المنتشر عن الإشعاع الشمسي المباشر حتى في وقت الانقلاب الصيفي بسبب كثرة السحب ، ويستثنى من ذلك وقت الاعتدال الربيعي الذي يزيد أثناءه الإشعاع الشمسي المباشر عن الإشعاع السماوي المنتشر .

جدول (٢) - معدلات الإشعاع السماوي المنتشر نحو الأرض على دوائر العرض المختلفة (ساعات / سم^٢ / دقيقة)

الطريق	١٠-١٠	٢٠-١٠	٣٠-٢٠	٤٠-٣٠	٥٠-٤٠	٦٠-٥٠	٩٠-٦٠
٢١ ديسمبر	٠,٠٩١	٠,٠٧٩	٠,٠٦٦	٠,٠٥٢	٠,٠٣٤	٠,٠١٦	٠,٠٠١
٢١ مارس	٠,١٠٨	٠,١٠٥	٠,٠٩٩	٠,٠٩٣	٠,٠٨٣	٠,٠٦٦	٠,٠٤٧
٢١ يونيو	٠,١٠٥	٠,١١٤	٠,١٢٤	٠,١٢٥	٠,١٢٦	٠,١٢٢	٠,١٥٣
٢١ سبتمبر	٠,١٠٧	٠,١٠٤	٠,٠٩٧	٠,٠٩١	٠,٠٨١	٠,٠٦٥	٠,٠٤٨

المصدر : Hautwitz & Austin (1944), P. 14

ج - تأثير الغلاف الجوي على الطاقة الإشعاعية :

إن الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى أعلى الغلاف الجوي لا يستطيع أن يصل كله إلى سطح الأرض ، لأن نسبة كبيرة منه تفقد عند اختراقها لهذا الغلاف نتيجة لارتداد بعضه إلى الفضاء بواسطة « الأليبدو الأرضي » وامتصاص بعض آخر منه في الجو بواسطة المواد العالقة وغاز ثاني أكسيد الكربون .

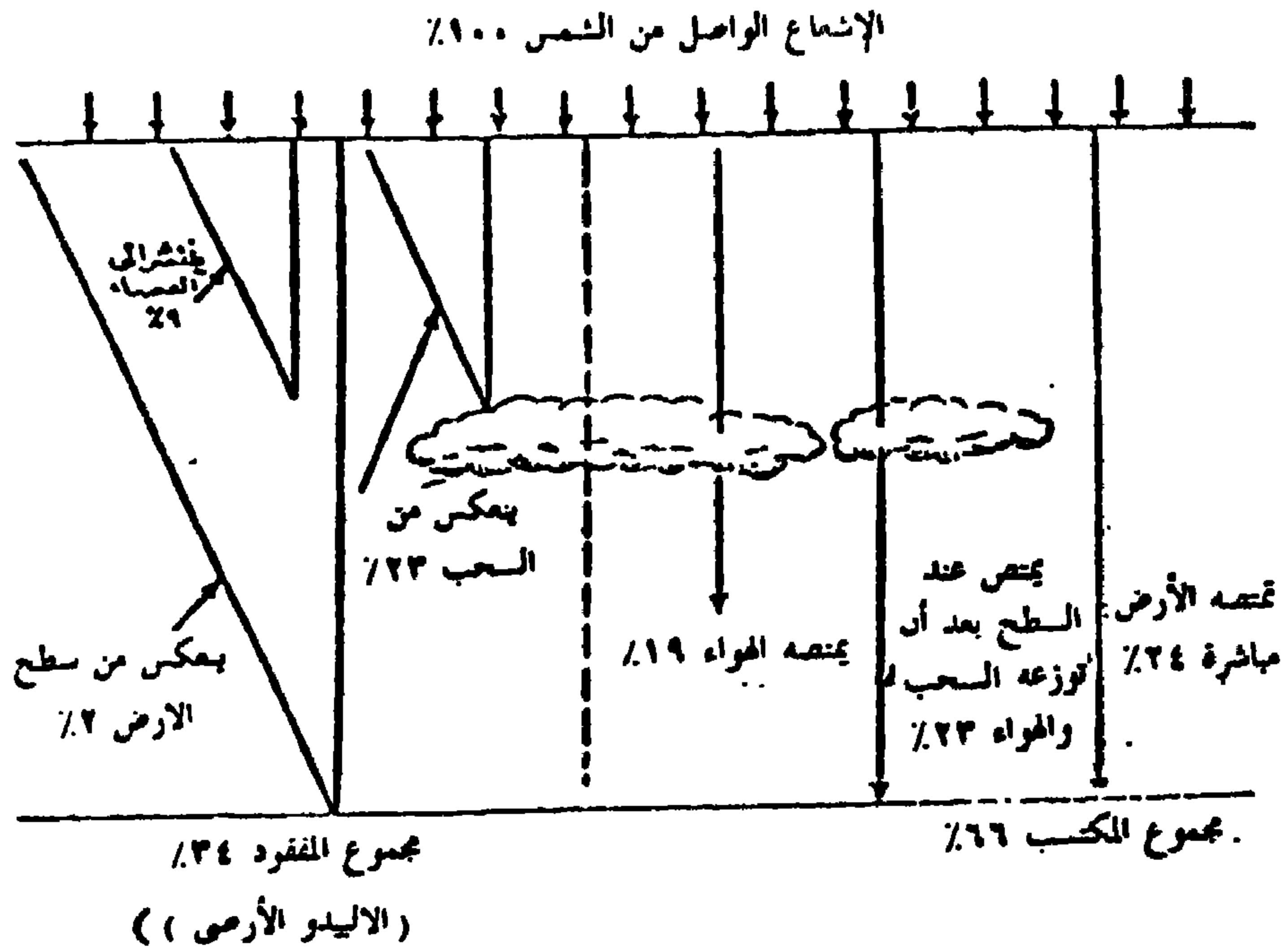
والمقصود بالأليدو الأرضي Earth's Albedo هو نسبة مايرتد من الأشعة الشمسية نحو الفضاء دون أن يؤثر على جو الأرض أو على سطحها ، وأهم العوامل التي تؤدي إلى هذا الارتداد هي السحب التي تساهم وحدها برد حوالى ٢٣٪ من الإشعاع الشمسى الواصل إلى جو الأرض ، وتليها المواد العالقة بالجو من غبار وبخار ماء ، وهى تساهم فى مجملها برد ٩٪ من هذا الإشعاع ، ويساهم سطح الأرض نفسه برد ٢٪ منه . وعلى هذا الأساس فإن الأليدو الأرضى يبلغ فى جملة ٣٤٪ من الأشعة الواصلة إلى أعلى الجو ، فيكون مجموع ماتكسبه الأرض وجوها هو ٦٦٪ منها^(١) . إلا أن هذه النسب تتباين من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو ومقدار مايلقى به من بخار الماء والهواء ، ونوع الغطاء الذى يكسو سطح الأرض ، إن كان صخوريا أو مائيا أو جليديا أو نباتيا ، فلكل نوع من هذه الغطاءات أليدو خاص به وأكبره هو أليدو سطح الجليد (شكل ٤) .

وتبلغ نسبة مايمتص من الأشعة فى الجو بواسطة بخار الماء والغبار حوالى ١١٪ من جملة ما ، أما مايمتص بواسطة الغازات فى نفس الجو فيصل إلى ٢٪ . وتزداد هاتين النسبتين نوعا ما ، إذا كانت السماء محتجبة بالغيوم^(٢) . ولكن يلاحظ أن الأشعة التى تمتص فى الجو لاتمثل كلها فاقدا فعليا من الطاقة الإشعاعية ، لأنها لاترتد كلها إلى الفضاء ، إذ أنها تساعد على رفع درجة حرارة الطبقات التى تمتص فيها ، كما تصل نسبة لا بأس بها منها بصورة أشعة منتشرة إلى سطح الأرض ، وذلك بخلاف الأشعة التى ترتد إلى الفضاء بواسطة الأليدو والتى تمثل خسارة فعلية لحرارة الأرض .

ولقد أثبتت بعض الدراسات أن الإشعاع الذى يتشع من الجو نحو الأرض ، والذى يعرف باسم الإشعاع السماوى المنتشر لايقبل أهمية عن الإشعاع المباشر فى تزويدها بالحرارة ، بل إنه قد يتفوق عليه عندما تكون الشمس محتجبة بالغيوم .

(١) Critch field, op. cit

(٢) Wiesner, op cit



شكل (٤)

النسبة بين ما يكتسبه جو الأرض من الإشعاع الشمسي وما يمتصه بسبب الأيديو الأرضي

د — الميزانية الحرارية للأرض : The earth's heat budget

المقصود بالميزانية الحرارية للأرض هو أن يكون هناك تعادل بين كمية الإشعاع التي يكتسبها جوها وسطحها ، وكمية الإشعاع التي تنصرف منها إلى الفضاء . ويعتبر هذا التعادل شرطاً أساسياً لبقاء حرارة سطح الأرض وجوها ثابتة تقريباً من سنة إلى أخرى . لأنه لو حدث تفوق مستمر في الحرارة المكتسبة على حساب الحرارة المفقودة لالتهب سطح الأرض بكل ما عليه ، ولو حدث من ناحية أخرى تفوق مستمر في الحرارة المنصرفة على حساب الحرارة المكتسبة لتجمد سطح الأرض بكل ما عليه .

ولكن هذا التوازن لا يظهر عادة إذا حسب في كل إقليم أو في كل فصل من فصول السنة على حدة ، إذ أن ظروف بعض الأقاليم تساعد على ارتفاع

مكسبها الحرارى أو زيادة خسارتها من وفد إلى آخر أو على مدار السنة ، ولكنه ، أى التوازن الحرارى ، يظهر إذا ما حسب بالنسبة لكل سطح الأرض وكل غلافها الجوى من سنة إلى أخرى حيث تؤدي عمليات التوزيع الحرارى بواسطة الرياح والتيارات البحرية وعمليات الحمل Convection والتبخر والتكثف إلى انتقال الحرارة من المناطق التى يتوفر فيها الإشعاع الشمسى إلى المناطق التى يوجد فيها عجز فى هذا الإشعاع فيؤدي هذا الانتقال إلى أن يبقى إجمالى حرارة جو الأرض ثابتا من سنة إلى أخرى .

- والعناصر التى تساهم فى الميزانية الحرارية للأرض كثيرة ومعقدة ولا يمكن فصل بعضها عن بعض ، كما لايسهل حسابها أو قياسها ، وأهمها هى :
- ١ — الطاقة الإشعاعية التى تصل إلى جو الأرض والتى تحسب بالسرعات على كل سم^٢ فى الدقيقة أو الساعة أو اليوم ، وذلك على أساس المعامل الشمسى الثابت ، وهو ١,٩٤ سم^٢ / دقيقة وما يطرأ على هذه الطاقة من تغير بسبب اختلاف بعد الأرض عن الشمس فى الصيف عنه فى الشتاء . وقد سبق أن تكلمنا على هذه الطاقة .
 - ٢ — مقدار مايرتد من الطاقة الإشعاعية إلى الفضاء بواسطة : الألبيدو الأرضى .
 - ٣ — مقدار مايمتص من هذه الطاقة فى الجو بواسطة الغبار وبخار الماء وثنائى أكسيد الكربون ، وبواسطة الأوزون فى المستويات الأعلى من الجو .
 - ٤ — انتشار الطاقة الإشعاعية التى يمتصها الجو نحو الأرض ونحو الفضاء . ويطلق عليها كما سبق أن ذكرنا الإشعاع السمانى المتشر Difuse Sky Radiation .
 - ٥ — امتصاص سطح الأرض للأشعة وتحويلها إلى طاقة حرارية تنطلق إلى الجو فى موجات طويلة .
 - ٦ — استخدام بعض الطاقة فى عمليات تبخر المياه واحتفاظ البخار بها بصورة حرارة كامنة Latent heat ثم انطلاقها منه عند التكثف .

ولكن مهما كان تعقد العناصر التي تساهم في الميزانية الحرارية وتعددتها وتداخل بعضها في بعض فلا بد أن تكون محصلتها النهائية هي تعادل جملة ماتكسبه الأرض من الطاقة الإشعاعية مع جملة مايعود منها إلى الفضاء . ورغم صعوبة قياس عناصر الميزانية الأرضية فإن بعض الباحثين اقترحوا تقديرات تقريبية لبعضها ، ومثال ذلك التقديرات التي وصفها الباحثان باور Baur وفيليبس Philipps في ألمانيا سنة ١٩٣٥ والتي تتلخص فيما يلي :

- الطاقة الإشعاعية التي تصل إلى جو الأرض هي ٧٠٠ سعر / سم^٢ / يوم على أساس أن المعامل الشمسي الثابت هو ١,٩٤ سعر / سم^٢ / دقيقة .
- ٢٧٪ من هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض مباشرة
- و ١٦٪ تصل إلى سطح الأرض بالانتشار Difuse radiation
- ١٥٪ تمتص في الجو بما فيه من سحب .
- فيكون مجموع ماتكسبه الأرض وجوها هو ٥٨٪
- أما الباقي وهو ٤٢٪ فيرتد إلى الفضاء بواسطة الأليدو* .

ولكن ليس معنى أن مكسب الأرض وجوها من الطاقة الشمسية يبلغ ٥٨٪ من الطاقة الإشعاعية الكلية الواصلة إلى جو الأرض . أن هذا المكسب يبقى فيها ، بل إنه لابد أن يعود كله في النهاية إلى الفضاء حتى تظل الميزانية الحرارية للأرض ثابتة .

٣ — ٤ — التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي :

تكلّمنا فيما سبق على الطاقة الإشعاعية الشمسية بالنسبة للكرة الأرضية عموما وأوضحنا دور الغلاف الجوي في تقليلها وكيف أن جملة ماتكسبه الأرض وجوها من هذه الطاقة في السنة لابد أن يتعادل مع جملة مايرتد منها إلى

* نظرا لأن الأليدو الأرضي يتغير من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر بسبب تغير العوامل المؤثرة فيه ، فليس هالك اتفاق تام على تقديره — والأرقام المذكورة هنا مأخوذة من Haurwitz & Austin (1942) p.15

الفضاء ، وأن هذا التعادل هو الذى يجعل للأرض ميرانية حرارية ثابتة من سنة إلى أخرى .

ولكن ليس معنى هذا التوازن أن تكون كل أجزاء سطح الأرض أو كل أيام السنة متعادلة في مكسبها أو خسارتها من الإشعاع الشمسى ، لأن توزيع هذا الإشعاع يختلف من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر نتيجة لتأثره بعدة عوامل أهمها هى :

- ١ — اختلاف الأليدو الأرضى من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر .
- ٢ — اختلاف البعد بين الأرض والشمس في الصيف عنه في الشتاء .
- ٣ — اختلاف طول الليل والنهار في العروض المختلفة وفي الفصول المختلفة .
- ٤ — اختلاف الزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض .

وقد سبق أن تكلمنا على العاملين الأول والثانى وهما الأليدو الأرضى والبعد بين الأرض والشمس ، وذكرنا أن الأليدو الأرضى يختلف من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو ، وأن الأرض تكون أبعد عن الشمس في أول يوليو بنحو ٤,٨ مليون كيلومتر عنها في أول ديسمبر .

أما العاملين الثالث والرابع فمن الواضح أن كليهما مرتبط بالموقع بالنسبة لدوائر العرض ارتباطا مباشرا ، ففي فصل الصيف يتزايد طول النهار على حساب طول الليل كلما اتجهنا نحو القطب حتى يصل طوله في يوم الانقلاب الصيفى (٢١ يونيو) إلى ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية وستة أشهر عند القطب ، وتنعكس الآية في فصل الشتاء . كما يتبين من الجدول (٣) .

جدول (٣)

أكبر طول للنهار في العروض المختلفة (٢١ يونيو) في نصف الكرة الشمالى

(٢١ يونيو) في نصف الكرة الشمالى

دوائر العرض	مفر	٤١°	٦٣°	٦٦,٥°	٦٧°	٧٨°	٩٠°
طول نهار (ساعة)	١٢	١٥	٢٠	٢٤	٣٠ يوم	٤ أشهر	٦ أشهر

وكذلك بالنسبة للزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على الأرض فإن هذه الزاوية تكاد تكون قائمة عند دائرة الاستواء فى معظم شهور السنة ، وخصوصا فى فصل الاعتدالين ، ثم تصغر كلما اتجهنا نحو القطبين حيث يزداد ميل الأشعة وخصوصا فى فصل الشتاء . كما أن زاوية سقوط الأشعة تتغير كذلك خلال اليوم الواحد بحيث تبلغ أدها عند الشروق وتزداد تدريجيا حتى تصل إلى أكبرها فى وقت الزوال ، ثم تتناقص مرة أخرى حتى تصل إلى أدها عند الغروب .

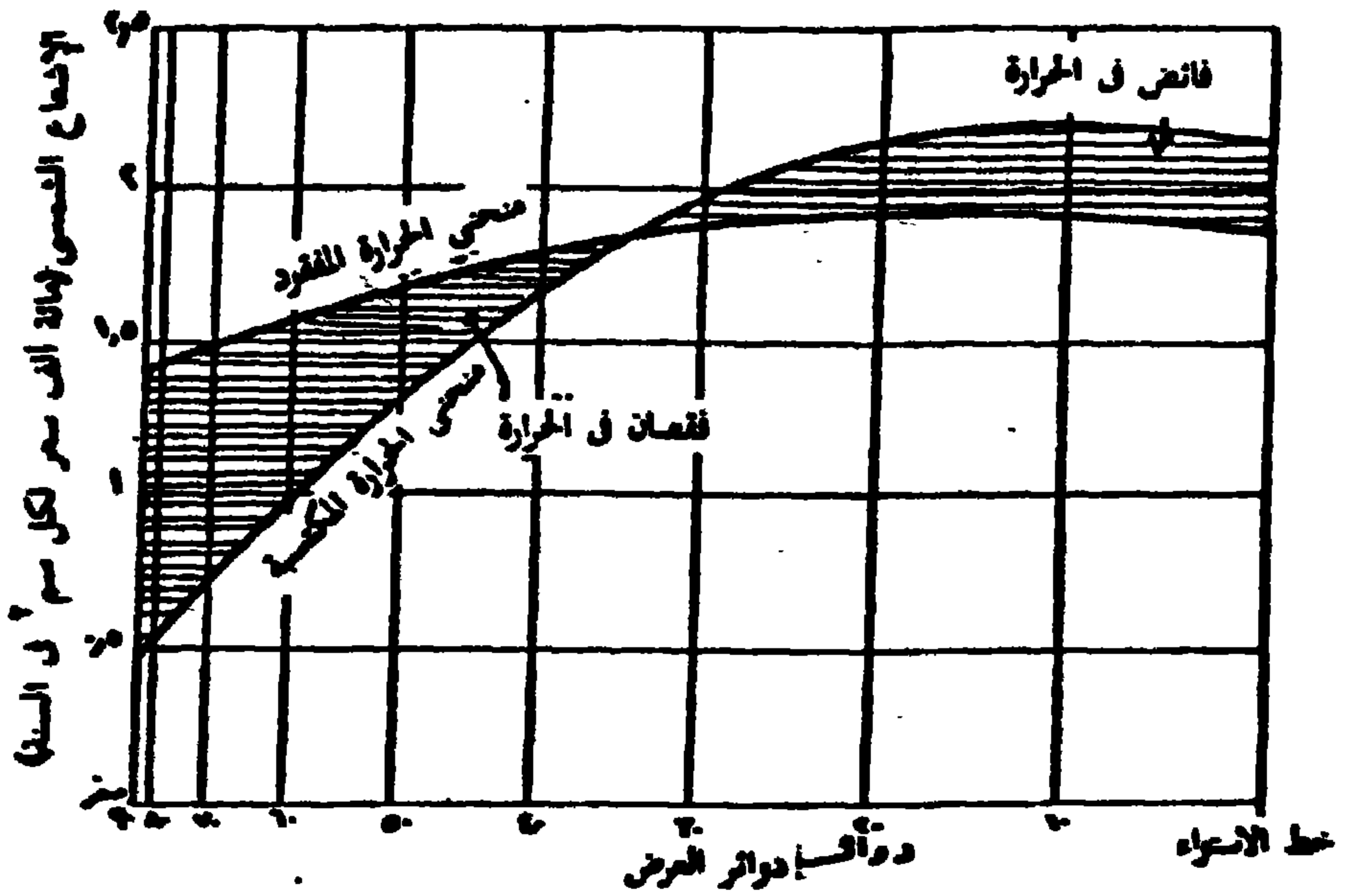
والمعروف أن قوة الأشعة تتناسب طرديا مع زاوية سقوطها ، فهى تبلغ أقصى قوتها إذا كانت زاوية سقوطها 90° ، وتوصف الأشعة فى هذه الحالة بأنها عمودية ، وإذا نقصت هذه الزاوية فإن الأشعة تكون مائلة ، وكلما نقصت زاوية سقوطها ازداد ميلها وضعفت قوتها لأنها فى هذه الحالة تقطع مسافة أطول عند اختراقها للغلاف الجوى وتتوزع فى نفس الوقت على مساحة أكبر من سطح الأرض .

وفى ضوء هذه الحقائق فإن المعدل السنوى للإشعاع الشمسى يبلغ أقصى قوته عند خط الاستواء ويتناقص عموما نحو القطبين ، ويقدر أن الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض يكون عند خط الاستواء أربعة أمثاله عند أى من القطبين .

وعلى العموم فإن كمية الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض تكون كبيرة طول السنة فيما بين المدارين ويكون تغيرها محدودا من فصل إلى آخر . ولكن نظرا لأن الشمس تتعامد على العروض الواقعة بينهما مرتين أثناء ترحلها شمالا وجنوبا فإن الإشعاع الشمسى عليها تكون له قمتان متفقتان تقريبا مع مرتى تعامد الشمس ، أما فى المناطق الواقعة بين أحد المدارين والدائرة القطبية فإن الإشعاع الشمسى يبلغ قمته فى وقت الانقلاب الصيفى ويبلغ حده الأدنى فى وقت الانقلاب الشتوى ، فإذا ما تجاوزنا الدائرة القطبية نحو القطب وجدنا أن نهار الصيف يزداد طوله من ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية نفسها فى يوم

الانقلاب الصيفى إلى ستة أشهر عند القطب ، ونعكس الآية في فصل الشتاء فلا تظهر الشمس لمدة ٢٤ ساعة في يوم الانقلاب الشتوى ، وتترايد مدة اختفائها حتى تصل إلى ستة أشهر عند القطب ، ونتيجة لهذا يكون هناك فائض في الأشعة في فصل الصيف ونقص شديد فيها في فصل الشتاء .

ولكن تقدير الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض في العروض المختلفة لا يكفى وحده لتقدير صافى الإشعاع المكتسب في هذه العروض بل يجب أن يخصم منه الإشعاع المرتد إلى الفضاء ، حيث أن الفرق بينهما هو الذى يحدد الوفرة أو العجز في الميزانية الحرارية للأرض كما يتضح من شكل (٥) (١) ومنه يتبين أن هناك وفرا حراريا في العروض المدارية ويقابله عجز في العروض العليا ، وأن هناك تعادلا بينهما حوالى دائرة عرض ٣٠° .



شكل (٥)

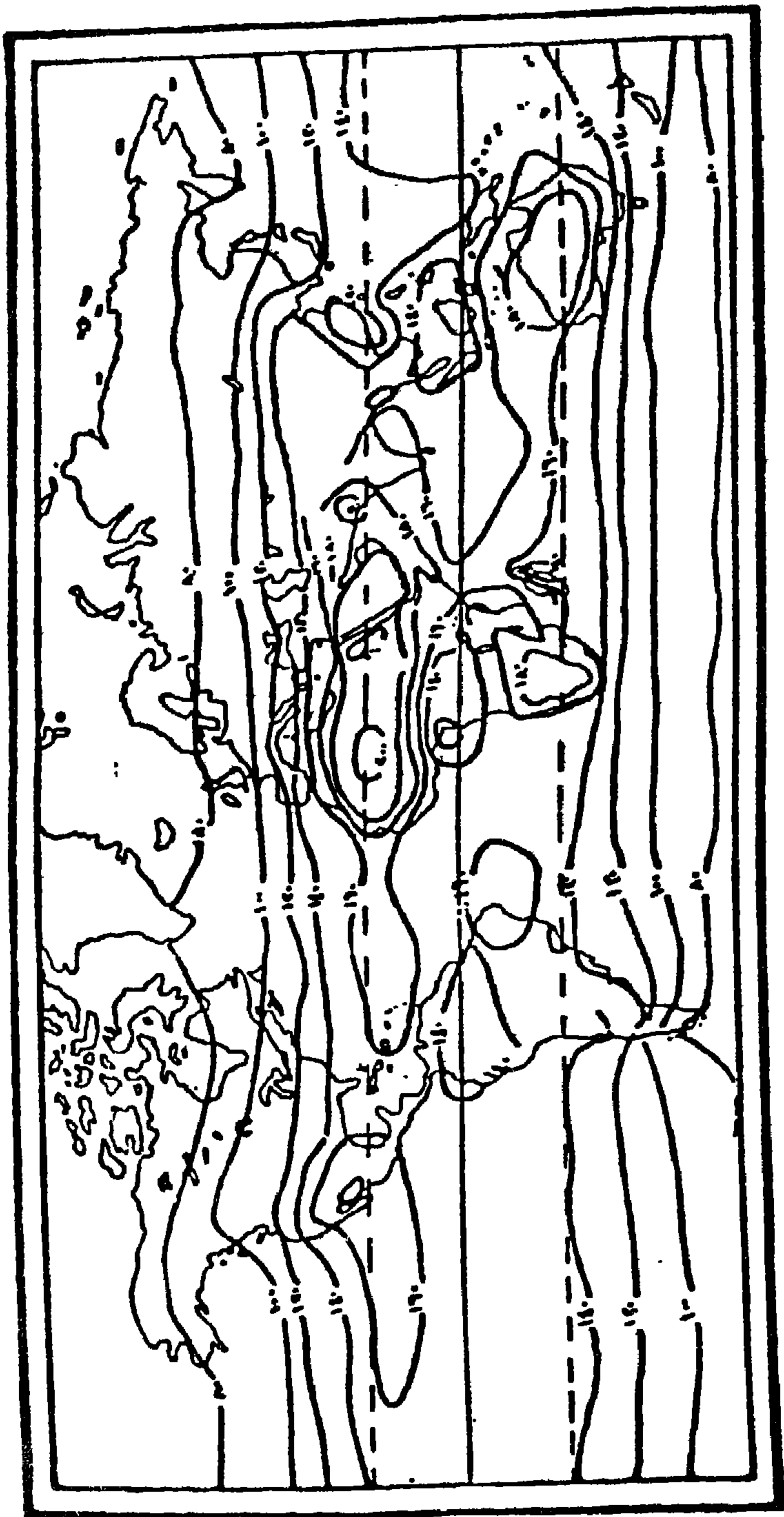
الميزانية الحرارية للأرض عند دوائر العرض المختلفة

وتبين الخريطة شكل (٦) التوزيع السنوى للإشعاع الشمسى الكلى عند

سطح الأرض (٢) .

Crichfield p. 20 (١)

Ibid. p. 21 (٢)



الترزيع السنوى للإشعاع الشمسى الكل على سطح الأرض
شكل (٦)

ومن هذه الخريطة يتبين أن التوزيع الفصلي للإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض لا يتمشى تماما مع دوائر العرض حيث تتدخل في توزيعه عوامل أخرى أهمها صفاء الجو وكمية مابه من سحب ومواد عالقة، فحوالي دائرة عرض ٢٠° يسود الجفاف وتقل السحب بصفة عامة بسبب وجود الضغط المرتفع وراء المدارى، ولذلك فإن قمة الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض تظهر على طول هذه الدائرة ، بينما تؤدي كثرة السحب في مناطق أخرى إلى خفض هذا الإشعاع .

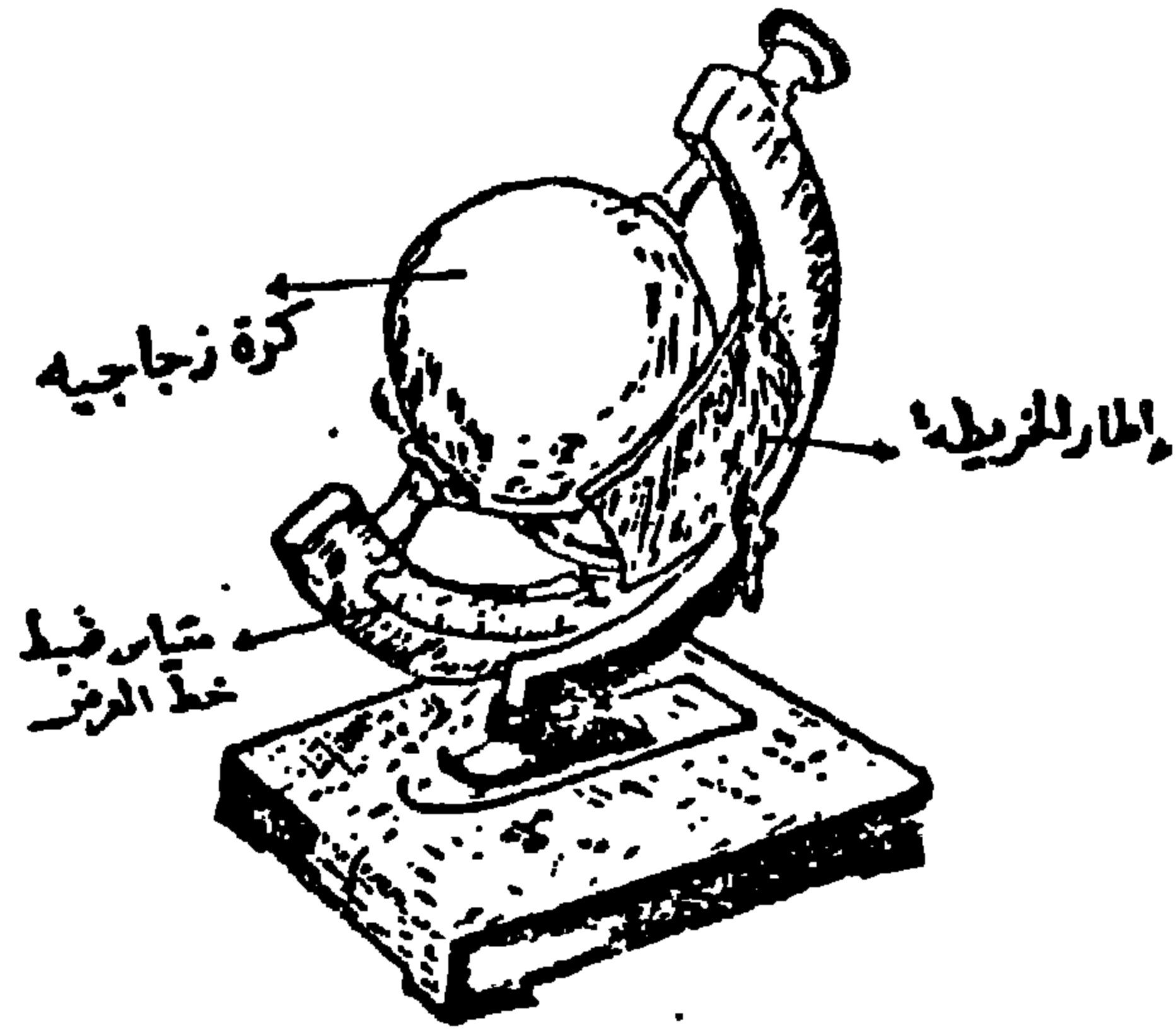
٣ - ٥ - قياس الإشعاع الشمسي كعنصر من عناصر المناخ :

إن المطلوب في الدراسة المناخية عادة هو قياس الإشعاع الشمسي على أساس عدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ثم حساب متوسطاتها ومعدلاتها الشهرية والسنوية . والجهاز التقليدي المستخدم لهذا الغرض هو جهاز كامبل واستوكس ، وهو مكون من كرة بلورية توضع في الشمس فتجمع بواسطتها الأشعة في بؤرة تتحرك مع حركة الشمس الظاهرية فتسجل حركتها على شريط خاص من الورق الداكن بشكل حرق طولي يظهر عندما تكون الشمس ساطعة ويختفى في حالة احتجابها بالسحب ، ويمكن على هذا الأساس معرفة وقت سطوع الشمس وعدد ساعات سطوعها ابتداء من الشروق حتى الغروب (شكل ٧) .

ونظرا لأن خط سير البؤرة يتغير بتغير درجة ميل أشعة الشمس من فصل إلى آخر فقد صممت أشرطة الورق بثلاثة أشكال يستخدم أحدها في فصل الصيف وأحدها في فصل الشتاء والثالث في فصلي الربيع والخريف .

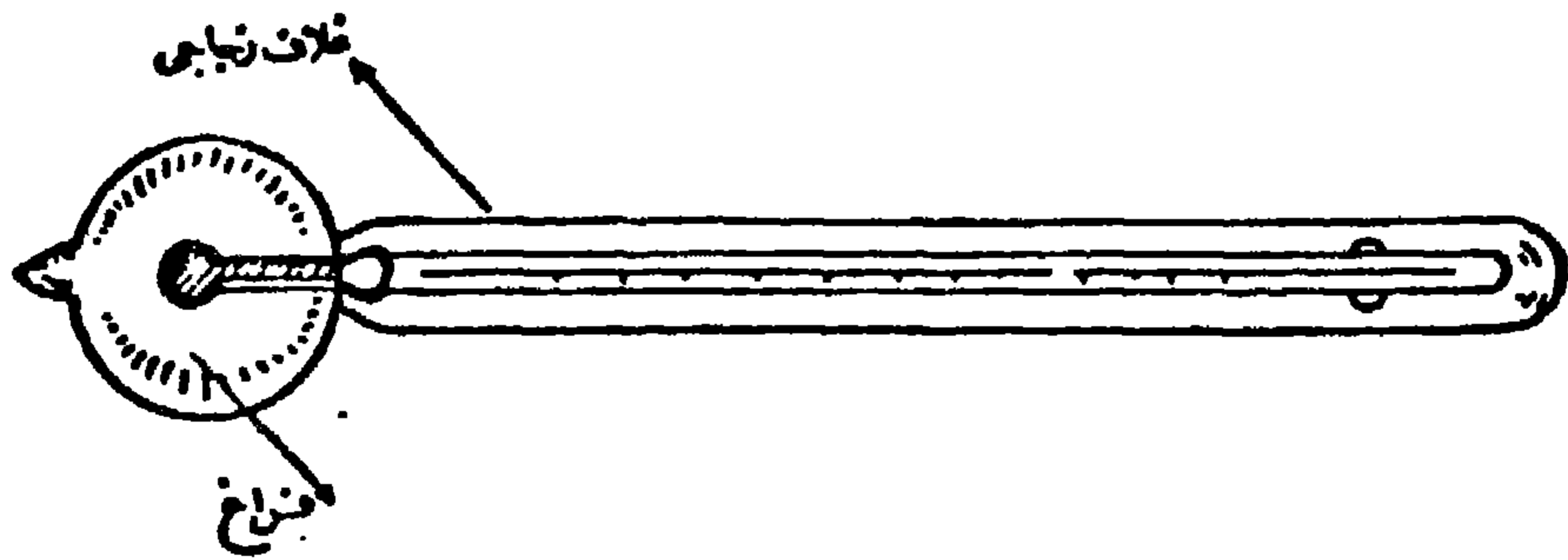
وإلى جانب حساب المعدلات اليومية والشهرية والسنوية لعدد ساعات سطوع الشمس فمن المهم كذلك قياس قوة الإشعاع الشمسي . وتستخدم في هذا القياس عدة أجهزة أهمها :

١ - ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي ، ومهمته هي قياس النهاية



شكل (٧) جهاز كامبل واستوكس

العظمى للحرارة المستمدة من أشعة الشمس في اليوم . وهو عبارة عن ترمومتر موضوع داخل غلاف زجاجي مفرغ تماما من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الجو بل يتأثر فقط بأشعة الشمس التي تخترق الغلاف الزجاجي وترفع درجة حرارة الزئبق في المستودع (شكل ٨)

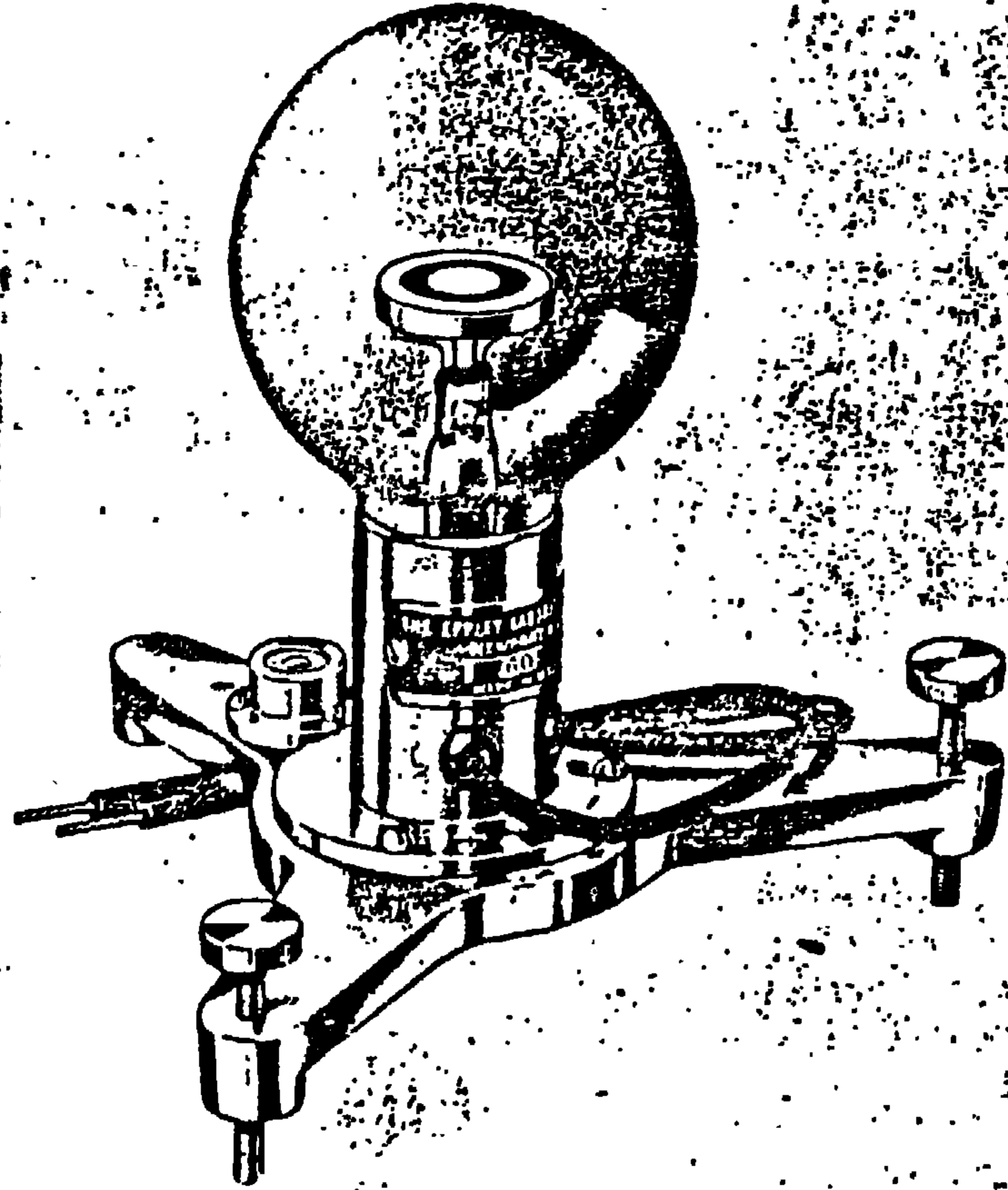


شكل (٨) ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي

٢ — جهاز قياس تأثير الأشعة الشمسية على الأجسام المعتمة والأجسام اللامعة ، وهو مكون من ترمومترين أحدهما ذو ققاعة مغطاة بمادة سوداء والثاني ققاعته لامعة ، وتعرض ققاعاتهما لأشعة الشمس طوال

مدة سطوعها . ويدل الفرق بينهما على قدرة الأجسام المعتمة على امتصاص الأشعة وقدرة الأجسام اللامعة على ردها .

٣ — البرهيليومتر (شكل ٩) — وهو جهاز إلكتروني به لوحتان إحداهما بيضاء والثانية سوداء ، فعندما تسقط الأشعة عليهما تنعكس من على سطح اللوحة البيضاء بينما تمتصها اللوحة السوداء ، وتسجل تأثير الأشعة عليها إلكترونياً، ويدل الفرق بينهما على مقدار الأشعة التي يمكن أن تمتصها الأجسام المعتمة .



شكل (٩) برهيليومتر

٤ — جهاز قياس الطاقة الإشعاعية على أساس قدرتها على تبخير مقادير معينة من الماء ، ويشتهر هذا الجهاز باسم راديومتر بيلاي Bellani Radiometer نسبة إلى اسم مخترعه (١٨٢٦) . ولهذا الجهاز فائدة مزدوجة، إذ أنه يسجل مقدار الطاقة الإشعاعية الواصلة من الشمس ، كما يبين في نفس الوقت مقدار التبخر الناتج عنها . ويوجد في هذا الجهاز مستودع كروي محفوظ داخل كرة زجاجية ومتصل بأنبوبة شعرية يخرج منها البخار ليدخل في أنبوبة منسعة حيث يتكثف بها وتتجمع المياه الناتجة في طرفها حيث تقاس بواسطة مقياس مدرج موضوع فيها . وهذا الجهاز يقرأ يوميا ، وعند إعادة استخدامه لا بد أن يقلب ليعود كل الماء المتكثف إلى المستودع .

٥ — حساب الإشعاع الشمسي بالطرق الرياضية :

إلى جانب قياس الإشعاع الشمسي بالأجهزة السابقة فإن الطاقة الشمسية يمكن أن تحسب كذلك بالطرق الرياضية التي تدخل في حساباتها عدة متغيرات أهمها عدد ساعات سطوع الشمس ونسبة ما يغطي من السماء بالسحب . وقد اقترحت لذلك عدة معادلات من بينها المعادلة الآتية^(١) وهي معادلة الحدار الخطي بسيط Regression Equation

$$\frac{\text{ش}}{\text{ش}} = \bar{a} + \bar{b} \left(\frac{\text{ع}}{\text{ن}} \right)$$

وفيها ش ،ش هما مقدار ما يقع من الأشعة على ستيومتر مربع من سطح الأرض ومقدار ما كان من الممكن أن يقع عليه إذا لم يكن هناك غلاف حوى . وتوجد جداول خاصة تبين مقدار هذا الإشعاع في أيام السنة على العروض المختلفة .

أما أ، ب فتايتان يستخرجان من حساب العلاقة بين المعدل الشهري لكل من الإشعاع الشمسي وعدد ساعات سطوع الشمس في المكان المراد حساب الإشعاع الشمسي به .

(١) نعمان شحادة — (١٩٨٣) المناخ العمل — عمان — ص ٥٦

أما ع فهي عدد الساعات الفعلية لسطوع الشمس في اليوم ، كما يدل عليها
جهاز كامبل وستوكس

أما ن فهي عدد الساعات المفترضة لسطوع الشمس ، وهي تعنى طول
النهار على حسب ما هو معروف على دوائر العرض المختلفة .

حرارة الجو

- ٤ — ١ — التوزيع العام لدرجة الحرارة على دوائر العرض.
- ٤ — ٢ — تأثير الماء واليابس على التوزيع العام للحرارة.
- ٤ — ٣ — أثر الارتفاع على درجة الحرارة.
- ٤ — ٤ — الانعكاس الحرارى.
- ٤ — ٥ — قياس الحرارة.

حرارة الجو

Air Temperature

إن دراسة حرارة الجو وتوزيعها العام على سطح الكرة الأرضية لا يمكن فصلها عن دراسة الإشعاع الشمسي وتوزيعه العام ، وذلك لأن الإشعاع الشمسي هو المصدر الوحيد لحرارة الجو ولأن توزيع كليهما يرتبط ارتباطاً وثيقاً بدرجات العرض ، إذ أن هذه الدرجات هي التي تحدد الساعات المحتملة لسطوع الشمس ، أى طول النهار ، كما تحدد الزاوية التي تسقط بها الأشعة على سطح الأرض في الفصول المختلفة . وإلى جانب الدرجات العرضية التي تمثل العامل الرئيسي لتوزيع حرارة الجو على مستوى العالم ومستوى القارات فإن هذا التوزيع يتأثر بعوامل أخرى أهمها توزيع الماء واليابس وتضاريس سطح الأرض .

٤ - ١ - التوزيع العام لدرجة الحرارة على دوائر العرض :

إن قوة العلاقة بين توزيع الحرارة والدوائر العرضية يمكن إدراكها بوضوح بمجرد مقارنة المعدلات الحرارية العامة على هذه الدوائر بعضها ببعض .

فبالنسبة لزاوية سقوط أشعة الشمس فإنها عند خط الاستواء تسقط عمودية على سطح الأرض تقريباً في معظم أيام السنة ، أما بالقرب من الدائرة القطبية فإن هذه الأشعة تسقط مائلة جداً خصوصاً في نصف السنة الشتوى ، ومن المعروف أن الأشعة العمودية أقوى من الأشعة المائلة لأنها تتوزع على مساحة أصغر من المساحة التي تتوزع عليها أشعة مائلة بنفس السمك ، كما أن الأشعة العمودية تقطع مسافة أقصر في الغلاف الجوى من الأشعة المائلة .

وترتبط كمية الإشعاع الشمسي كذلك ارتباطا قويا بطول النهار الذي يرتبط بدوره بدرجات العرض . فمن المعروف أن النهار يزداد طوله على حساب الليل في فصل الصيف بينما يحدث العكس في فصل الشتاء . وتزداد هذه الظاهرة وضوحا كلما بعدنا عن خط الاستواء ، ولهذا فإنه على الرغم من أن المتوسط السنوي لما يصيب الأرض من أشعة الشمس عند القطبين صغير في جملته بالنسبة لما يصيبها في العروض الأخرى فإنه يكون في الفترة من أول يونيو حتى منتصف يوليو أكبر منه في أي نطاق عرضي آخر . . ويرجع هذا إلى أن الشمس تستمر ظاهرة طول هذه الفترة دون انقطاع . ولكن ليس معنى هذا أن القطب يكون في هذه الفترة أشد حرارة من العروض الأخرى لأن معظم الحرارة التي تكتسب من أشعة الشمس تستنفد في صهر بعض الجليد الذي يغطي المناطق القطبية بدلا من أن تعمل على سرعة رفع درجة حرارة الهواء .

ويبين الجدول (٤) المعدلات الحرارية السنوية والفصلية على بعض دوائر العرض ، ومنه يتبين أن أعلى معدل سنوي للحرارة يوجد على خط عرض ١٠° شمالا، وأن أعلى معدل شهري شتوي (في يناير) يوجد على خط الاستواء ، بينما يوجد أعلى معدل حراري صيفي (يوليو) على دائرة العرض ٢٠° شمالا ، كما يتبين أن المعدلات السنوية تكون عموما أعلى في نصف الكرة الشمالي منها في نصفها الجنوبي . ويبدو هذا واضحا من مقارنة المعدلات السنوية على دوائر العرض المتقابلة . ويتبين كذلك أن التناقص الحراري العام نحو القطبين يكون صغيرا في العروض المدارية وسريعا في العروض العليا، فبينما ينخفض المعدل السنوي من ٢٦,٢° عند خط الاستواء إلى ٢٠,٤° على دائرة العرض ٣٠° شمالا، أي بمعدل درجة مئوية واحدة لكل خمس دوائر عرضية ، فإنه ينخفض من ٢٠,٤° على دائرة العرض ٣٠° إلى ١١,٤° على دائرة العرض ٧٠° ، بمعدل درجة لكل ١,٢٥ دائرة عرضية فقط . وتنطبق نفس هذه الملاحظة كذلك ولو بصورة تقريبية على نصف الكرة الجنوبي .

جدول (٤) المعدلات الحرارية السنوية والفصلية على بعض دوائر العرض
في نصف الكرة الشمالي والجنوبي

دوائر العرض	المعدل السنوي	معدل يناير	معدل يوليو
٩٠° شمالا	٢٢,٥ — م°	٤١ — م°	١٠,١ — م°
٧٠° شمالا	١٠,٣ —	٢٦,٤ —	٧,٢
٥٠° شمالا	٥,٨	٧,٤ —	١٨,١
٣٠° شمالا	٢٠,٤	١٤,٤	٢٧,٢
٢٠° شمالا	٢٥,٣	٢١,٧	٢٨
١٠° شمالا	٢٦,٥	٢٥,٧	٢٧,١
خط الاستواء	٢٦,٢	٢٦,٤	٢٥,٥
١٠° جنوبا	٢٥,٣	٢٦,٣	٢٣,٨
٢٠° جنوبا	٢٢,٨	٢٥,٢	٢٠
٣٠° جنوبا	١٦,٥	٢١,٨	٢٤,٧
٥٠° جنوبا	٥,٧	٨,١	٢,٣
٧٠° جنوبا	١٣,٥ —	٢,٥ —	٢٣ —
٩٠° جنوبا	٢٣,١	١٣,٥ —	٤٨ —

المصدر : Haurwitz and Austin, op. cit p. 24

(بعد تحويل الدرجات الفهرنهايتية إلى درجات مئوية)

ويمرجع الارتباط القوي بين دوائر العرض وتوزيع الحرارة على سطح الكرة الأرضية إلى أن الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس على الأرض ترتبط ارتباطا وثيقا بدرجات العرض ، كما يرتبط طول الليل والنهار في الفصول المختلفة كذلك بهذه الدرجات .

٤ — ٢ — تأثير الماء واليابس على التوزيع العام لدرجة الحرارة :

على الرغم من العلاقة القوية بين توزيع المعدلات الحرارية على سطح الكرة الأرضية وبين الدوائر العرضية فإن هذه المعدلات لا تمشي دائما مع هذه الدوائر بسبب اختلاط الماء باليابس ، وخصوصا في نصف الكرة الشمالي ،

واختلاف تأثير كل منهما بالإشعاع الشمسي بدرجة تجعل للمناخ الذي يخضع لتأثير أى منهما خصائص متميزة عن خصائص المناخ المتأثر بالآخر .

ويرجع الاختلاف في تأثير الأشعة الشمسية على الماء واليابس إلى العوامل الآتية :

- ١ — أن الحرارة النوعية للماء تعادل أربعة أمثال الحرارة النوعية لليابس* ، وهذا يعنى أن تسخين اليابس يكون أسرع من تسخين الماء ، ولما كان من المعروف علميا أن الأجسام التى تكتسب الحرارة بسرعة تفقدها بسرعة فإن اليابس يبرد كذلك أسرع مما يبرد الماء .
- ٢ — إن بعض الأشعة التى تسقط على الماء يستنفد في عمليات التبخر .
- ٣ — إن الأشعة التى تسقط على الماء تتعمق فيه وتتوزع على طبقة سمكية منه كما تتوزع في كل الاتجاهات بتأثير الحركة المستمرة للماء .
- ٤ — أن أليدو الماء أكبر من أليدو اليابس ، أى أنه أقدر منه على رد الأشعة إلى الفضاء .

ويبدو تأثير الماء واليابس على توزيع درجة الحرارة واضحا بصفة خاصة على كل من المدى الحرارى ، وعلى اتجاه خطوط الحرارة المتساوية على مستوى العالم والقارات .

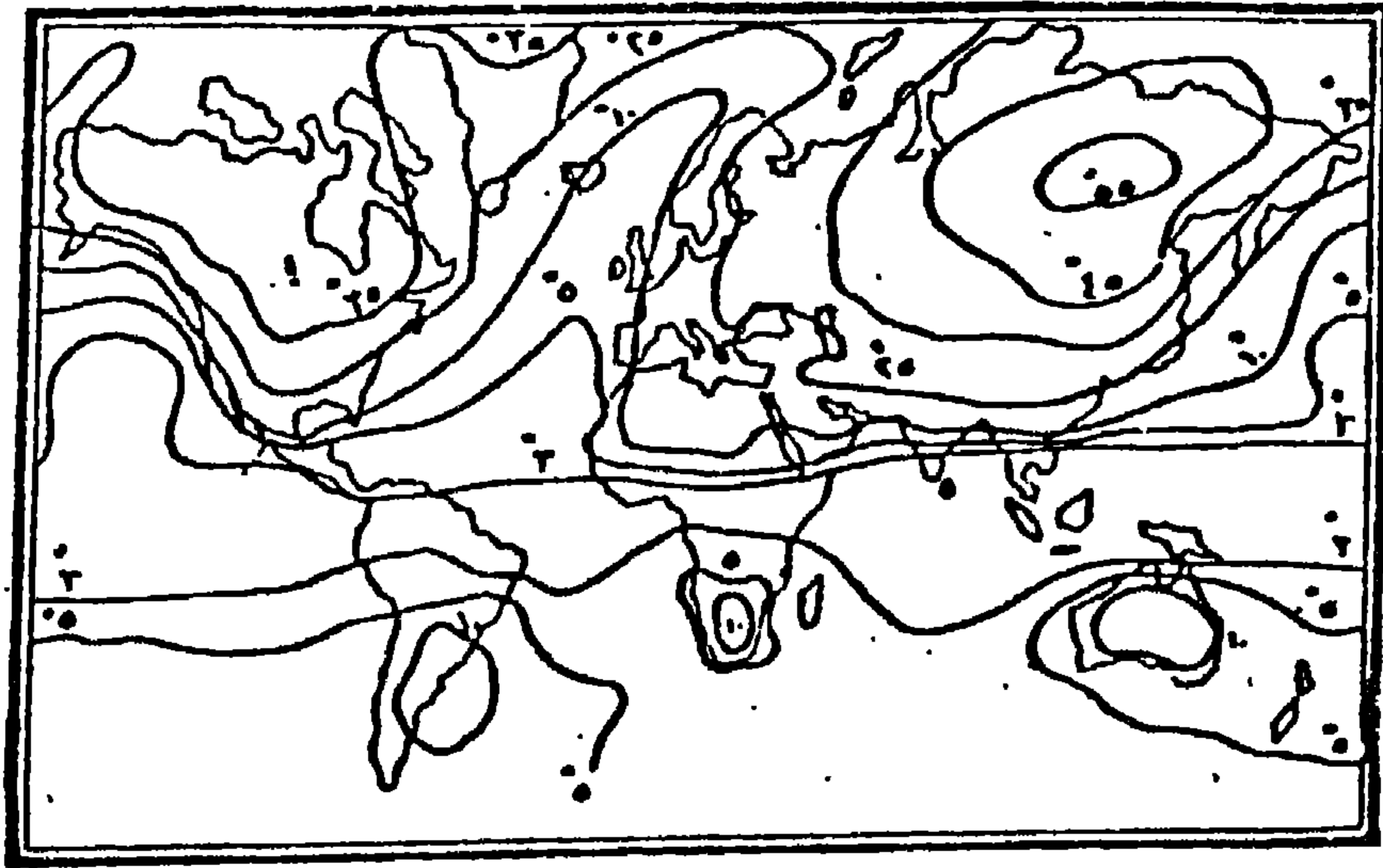
والمقصود بالمدى الحرارى Range of temperature ، هو الفرق بين أعلى وأدنى درجتى حرارة تسجلان خلال اليوم الواحد ، أو بين أعلى وأدنى متوسطين حراريين يوميين خلال الشهر الواحد ، أو بين أعلى وأدنى متوسطين أو معدلين شهريين خلال السنة .

والمعتاد في الدراسات المناخية هو حساب معدل المدى السنوى ومعدل المدى اليومى للحرارة للاستفادة بهما في تحديد نوعية المناخ ومدى تطرفه ، فكلما صغر المدى السنوى والمدى اليومى كان ذلك دليلا على قوة تأثير الماء

* الحرارة النوعية Specific heat هى كمية الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة حرام واحد من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة

على المناخ الذى يوصف فى هذه الحالة بأنه مناخ بحرى Marine climate ومثال ذلك مناخ الجزر والبلاد الساحلية ، وكلما ارتفع المدى السنوى والمدى اليومى كان ذلك دليلا على قوة تأثير اليابس على المناخ ، الذى يوصف فى هذه الحالة ، بأنه مناخ قارى Continental climate . وهو عادة مناخ متطرف، بمعنى أنه يكون حارا فى الصيف وباردا فى الشتاء وحارا بالنهار وباردا بالليل ، ومثال ذلك مناخ الصحارى والمناطق الداخلية من القارات .

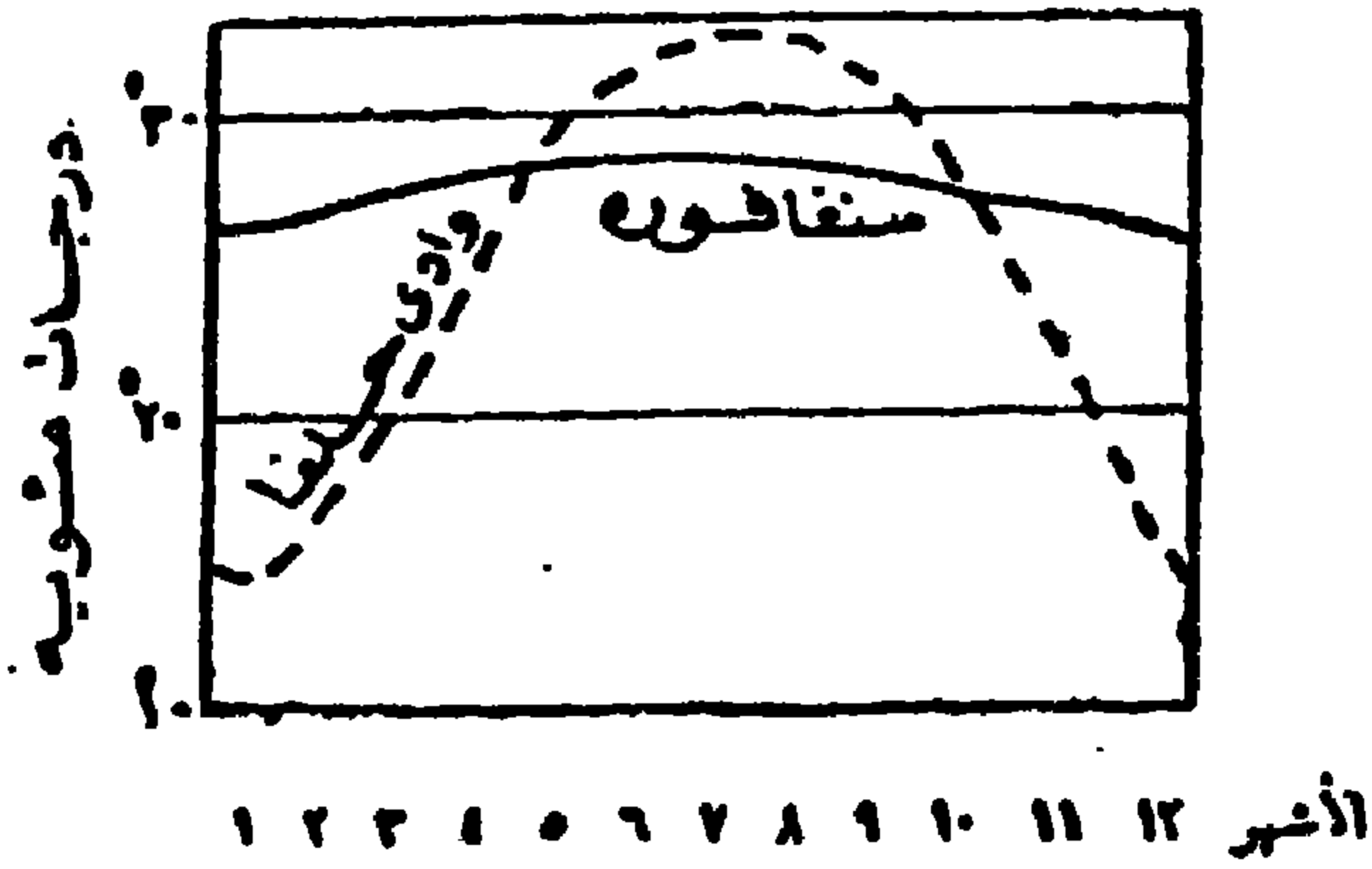
وتوضح الخريطة شكل (١٠) توزيع المدى الحرارى الفصلى فى العالم ومنها يتبين أن هذا المدى يرتفع عموما فى نصف الكرة الشمالى ، (حيث ترتفع نسبة اليابس إلى الماء) ، عنه فى نصفها الجنوبى (حيث تسود البحار) وأنه يبلغ أعلى قيمة له فى وسط آسيا حيث يصل إلى ٥٥ درجة م ، كما يرتفع كذلك ، ولكن بصورة أقل على وسط أمريكا الشمالية ، بينما ينخفض انخفاضا واضحا على المناطق المقابلة لهما من المحيطين الأطلسى والهادى ، وينخفض بصورة أكثر وضوحا على كل المحيطات الجنوبية وعلى طول خط الاستواء .



(شكل ١٠)
توزيع معدلات المدى الحرارى الفصلى فى العالم (بالدرجات التوبة)

ويبين شكل (١١) معدلات الحرارة الشهرية في محطتين إحداهما تتميز بمناخها البحرى الذى ينخفض فيه المدى الحرارى السنوى وهى سنغافورة ، والثانية تتميز بمناخها القارى الذى يرتفع فيه هذا المدى ، وهى وادى حلقا .

وبالإضافة إلى تأثير الماء واليابس فإن كلا من المدى الحرارى الفصلى والمدى الحرارى اليومى يتأثر كذلك بالارتفاع عن سطح البحر ، وبوجود الغطاءات النباتية ، حيث أن كلا منهما ينخفض نسبيا على الجبال المرتفعة وفى المناطق المفتاة بالنباتات عنهما فى السهول والمناطق الجرداء والمدن .



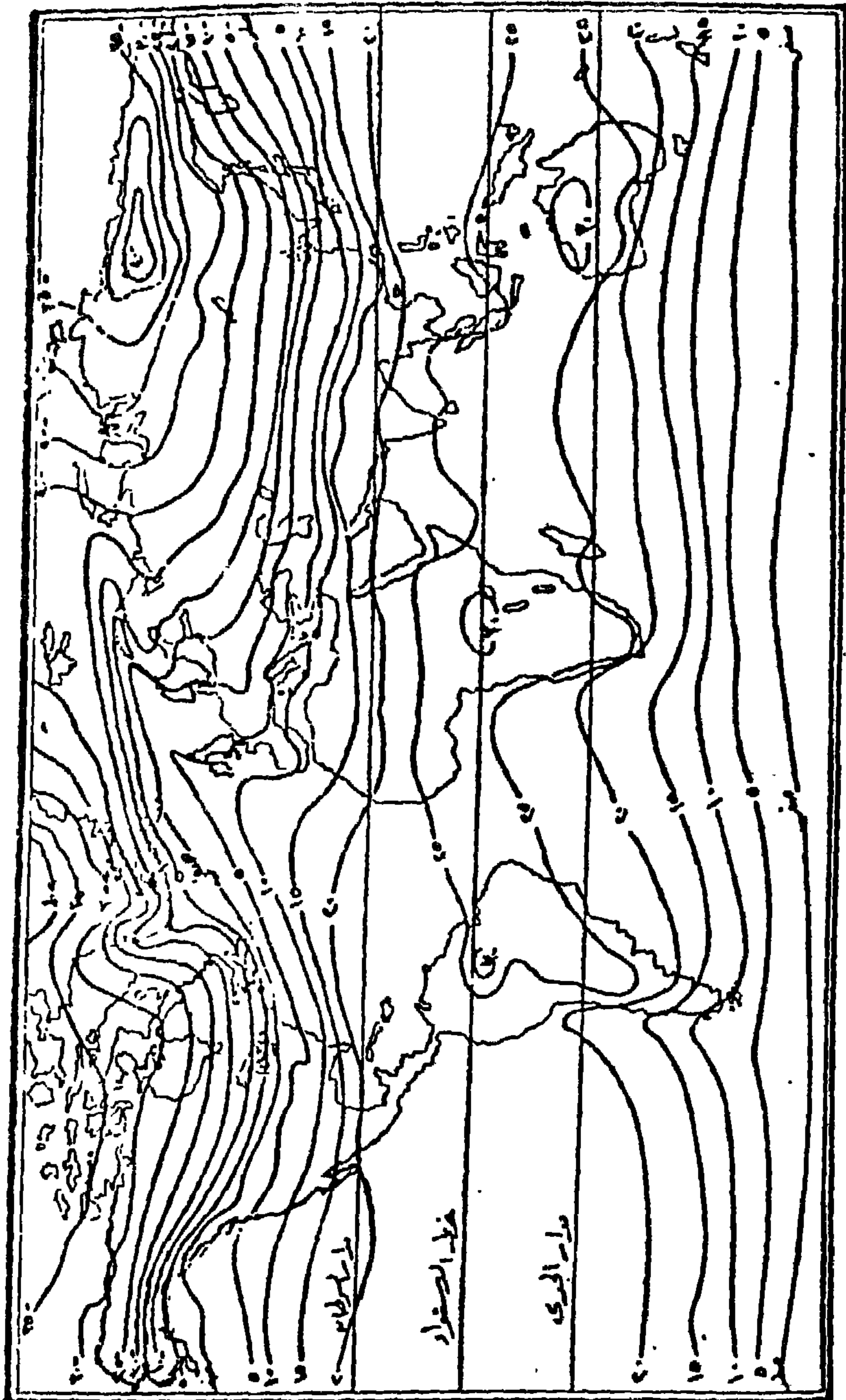
شكل (١١)

المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة فى سنغافورة ووادى حلقا

وإلى جانب انخفاض المدى الحرارى الفصلى فى المناخ البحرى عنه فى المناخ القارى فإن أعلى وأدنى معدلين حرارين شهريين فى المناخ البحرى يظهران غالبا متأخرين عنهما فى المناخ القارى ، وذلك بسبب بطء تأثير الماء بارتفاع حرارة الجو وبطء تأثيره بانخفاضها بالنسبة لليابس ، ولهذا فيينا يظهر أعلى وأدنى معدلين حرارين شهريين فى المناخ القارى فى شهرى يوليو ويناير فإنهما يظهران فى المناخ البحرى غالبا فى شهرى أغسطس وفبراير . وهذا لا ينطبق بطبيعة الحال على الأقاليم الاستوائية التى تكون للحرارة فيها قمتان تتفقان مع الاعتدالين .

ويمكن ملاحظة تأثير الماء واليابس على التوزيع العام لدرجة الحرارة في العالم بمجرد النظر إلى اتجاهات خطوط الحرارة المتساوية على القارات والمحيطات .
وهي الخطوط التي ترسم لتوضيح المعدلات الحرارية الشهرية والسنوية عند منسوب سطح البحر . ففي نصف الكرة الشمالي مثلا تميل هذه الخطوط للانحراف شمالا على أواسط القارات في فصل الصيف بسبب اشتداد الحرارة عليها بينما تنحرف جنوبا على أواسط المحيطات حيث تكون الحرارة أقل منها على اليابس ، ويحدث العكس في فصل الشتاء ، ومع ذلك فإن توزيع الماء واليابس وحده لا يكفي لتفسير كل التعرجات التي تظهر في خطوط الحرارة المتساوية وخصوصا على مياه المحيطات المجاورة لسواحل القارات ، لأن التيارات البحرية الدافئة والباردة لها دور قوى في توجيهها . ويبدو هذا واضحا بمجرد النظر إلى خطوط الحرارة المتساوية على المحيطات في نصف الكرة ، حيث تبدو الخطوط الحرارية متعرجة تعرجا واضحا في نصف الكرة الشمالي بسبب اتساع اليابس ، أما في نصف الكرة الجنوبي فإن تعرجها يكون أقل وضوحا بسبب اتساع المحيطات وضيق اليابس . ولهذا فإن خطوط الحرارة المتساوية في هذا النصف من الكرة تسير موازية تقريبا لخطوط العرض . ويبدو هذا واضحا من مقارنة خريطتي خطوط الحرارة المتساوية (الشكلين ١٢ و ١٣) بخريطة التيارات البحرية (شكل ١٤) .

وإن أقوى التيارات البحرية الدافئة تأثيرا على خطوط الحرارة المتساوية وعلى مناخ المناطق الساحلية هي : تيار الخليج الدافئ في شمال المحيط الأطلسي ، وتيار اليابان (كيروسيفو) المقابل له في شمال غربي المحيط الهادى ، وتيار موزمبيق إلى الشرق من جنوب إفريقيا . أما أقوى التيارات الباردة تأثيرا فهي تيارات لبرادور في شمال غربي المحيط الأطلسي وتيار بنجويلا في جنوبه الشرقي وتيار الكناريا في شرقه وتيار فوكلاند في جنوبه الغربي وتيار مبولت إلى الغرب من جنوب أمريكا الجنوبية وتيار كاليفورنيا في غرب أمريكا الشمالية



شكل (١٦) خطوط الحرارة المتساوية لشهر مايو (درجات مئوية)



شكل (١٣) خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو (درجات مئوية)

أثر التيارات البحرية على حرارة السواحل :

بالنظر إلى خريطة توزيع التيارات البحرية في المحيطات المختلفة نلاحظ ظاهرتين مهمتين هما :

١ — في نطاق الرياح التجارية (على وجه الإجمال) توجد تيارات باردة بجوار السواحل الغربية للقارات بينما توجد تيارات دافئة أو حارة بجوار سواحلها الشرقية .

٢ — في نطاق الرياح العكسية (الغربية) تنقلب الآية ، فبينما تتأثر السواحل الغربية للقارات ببعض التيارات الدافئة فإن سواحلها الشرقية تتأثر ببعض التيارات الباردة ، وينطبق هذا بصفة خاصة على نصف الكرة الشمالي بسبب اتساع اليابس وعظم امتداده في العروض العليا .

ولما كانت التيارات الدافئة تعمل دائما على تدفئة السواحل التي تمر بها بينما تعمل التيارات الباردة على برودتها ، فقد ترتب على الظاهرتين السابقتين أن اختلفت درجة حرارة السواحل الشرقية للقارات عن درجة حرارة سواحلها الغربية التي تقع في نفس العروض ، ويظهر هذا بوضوح عند مقارنة السواحل المتقابلة في القارة الواحدة أو السواحل المشرقة على محيط واحد في القارات المختلفة

فاذا قارنا مثلا بين أثر التيارات البحرية على حرارة السواحل الشرقية للمحيط الأطلسي وأثرها على حرارة السواحل الغربية لنفس المحيط نلاحظ ما يأتي :

أولا — أن السواحل الغربية لإفريقيا وشبه جزيرة أيبيريا أقل حرارة من السواحل المقابلة لها في شرق الأمريكتين ، وذلك لمرور تيارى الكناريا وبنجويلا الباردتين أمام السواحل الأولى ، وتيارى الخليج والبرازيل الدافئتين

أمام السواحل الثابتة ، فيينا يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة في دكاكـر
Dakar على ساحل السنغال حوالى ٢٤° م نجد انه في فيراكروز Vera Cruz
على الساحل الشرقى للمكسيك حوالى ٢٥,٣°، وذلك على الرغم من أن الثانية
أبعد من الأولى عن خط الاستواء بحوالى ٤ درجات عرضية ، وكذلك في بنانا
Banana الواقعة عند مصب نهر الكونغو يبلغ المعدل السنوى ٢٠° م مقابل
٢٠,٦° في برنامبوكو Pernambuco على الساحل الشرقى للبرازيل . وتبدو هذه
الاختلافات أوضح ماتكون في فصل الشتاء ، ففى شهر يناير مثلا يكون معدل
الحرارة في دكاكـر ٢٠° م مقابل ٢٢° في فيراكروز ، أما في بنانا فيكون ٢٢,٤°
مقابل ٢٤° في برنامبوكو^(١) .

وتعمل الرياح التجارية التى تهب على سواحل إفريقيا الغربية من الشمال
الشرقى أو الجنوب الشرقى بطريقة أخرى على خفض درجة حرارة المياه
المجاورة لهذه السواحل ، لأنها تزيج باستمرار الطبقة السطحية من هذه المياه
بعيدا عن الساحل ، فتكشف بذلك المياه التى تحتها وهى أشد برودة منها .
وعلى الرغم من وجود التيار الاستوائى الراجع الحار الذى يعرف باسم تيار
غانة فإن أثره في تدفئة الساحل الإفريقى ضعيف جدا ، ويرجع ذلك إلى ضعفه
من جهة ، وإلى إزاحة الرياح التجارية للطبقة السطحية من مياهه من جهة
أخرى .

ويلاحظ أن الفرق بين الساحلين الشرقى والغربى للمحيط الأطلسى يتناقص
تدريجيا كلما ابتعدنا عن خط الاستواء نحو الشمال حتى يختفى تقريبا حوالى
خط عرض ٣٠° شمالا^(٢)، وهنا نجد أن خطوط الحرارة المتساوية تقطع
الساحلين عند خطوط عرض متقاربة جدا .

(١) خطا عرض دكاكـر وفيراكروز هما ٢٩° و ١٤° و ١٩° شمالا على الترتيب ، أما خطا عرض بنانا
وبرنامبوكو فهما ٦° و ٨° جنوبا على الترتيب .

(٢) Austin Miller, A. « Climatology », 4 ed. 1944 P. 48.

ثانياً — إلى الشمال من خط عرض ٤٥° تنعكس الحالة تماماً ، حيث نجد أن السواحل الغربية لأوروبا أدفا بكثير من السواحل الشرقية لكندا والولايات المتحدة ، ويرجع ذلك إلى تأثير تيار الخليج الدافئ وفروعه على السواحل الأولى ، وتأثير تيار ليرادور البارد على السواحل الثانية ، وهذا هو السر في أن خطوط الحرارة المتساوية تتجه في هذه العروض (على شمال المحيط الأطلسي) ما بين الشمال الشرق والجنوب الغرب ، ويبدأ الفرق بين الساحلين في الظهور إلى الشمال من خط عرض ٣٠° (الذي يتشابه عنده الساحلان تقريباً كما سبق أن ذكرنا) ، ومن ثم يبدأ في التزايد تدريجياً كلما اتجهنا شمالاً ، ويكون هذا الفرق كبيراً بصفة خاصة في فصل الشتاء ، ويتبين ذلك من الجدول رقم (٥) الذي يبين معدلات درجات الحرارة لشهر يناير والمعدلات السنوية في بعض البلاد التي تقع على جانبي المحيط ، وتتفق في خط العرض تقريباً .

جدول (٥) معدل درجة حرارة شهر يناير . والمعدل السنوي في بعض البلاد المتقابلة على الساحلين الشرق والغرب لشمال المحيط الأطلسي

معدل درجة الحرارة (متوية)		خط العرض (شمالاً)	البلدة
يناير	السنة		
٩,٦	١٥,٣	٤٧° - ٣٨°	لشبونة (البرتغال)
٠,٥	١٢,٦	٥٣° - ٣٨°	واشنطن
٩,١	٢,٧	الفرق	
٨,٣	١٤,٤	٧° - ٤١°	ابورنو Oporto (البرتغال)
١ -	١١	٦° - ٤١°	نيويورك
٩,٣	٣,٤	الفرق	
٦,٦	١٢	٢٣° - ٤٨°	بريست (فرنسا)
١,٢	٦,٧	١٩° - ٤٥°	سان جونز St. Johns
٥,٤	٥,٣	الفرق	(الولايات المتحدة)
٣,٩	٨,٥	٥١° - ٥٥°	جلاسجو
١٣,٨	٥,٢	٢٥° - ٥٦°	نين Nain (البرادور)
١٧,٢	١٣,٧	الفرق	

وقد ترتب على ذاء الجانب الشرق من المحيط الأطلسى الشمالى عدة نتائج ، أهمها أن المياه أمام الساحل الشمالى الغربى لأوروبا لا تتجمد فى أى شهر من شهور السنة فى أى مكان إلى الجنوب من خط عرض ٧٥° ، بينما تتجمد مياه الساحل الشمالى الشرقى لأمريكا فى فصل الشتاء حتى خط عرض ٥٠° شمالا ، وتتجمد معها مياه نهر سانت لورانس ، مما يؤدى إلى توقف الملاحة تماما فى هذا الفصل ، بخلاف الحال أمام الساحل الترويجى الذى يظل مفتوحا للملاحة طول السنة ، وفضلا عن ذلك فإن جبال الجليد الطافية قد تستمر فى تحركها جنوبا بالقرب من الساحل الشرقى لأمريكا حتى خط عرض ٤٠° شمالا ، بينما ينذر أن تشاهد بالقرب من الساحل الشمالى الغربى لأوروبا إلى الجنوب من خط عرض ٧٠° . وكذلك فيما يختص بخط الثلج الدائم ، نلاحظ أنه يقع دائما إلى الشمال من خط عرض ٨٠° شمالا أمام الساحل الشمالى الغربى لأوروبا ، فى حين أنه يصل إلى خط عرض ٦٩° أمام الساحل الشمالى الشرقى لأمريكا الشمالية .

ثانيا — نظرا لأن السواحل الشرقية للمحيط الأطلسى (إلى الشمال من خط الاستواء) تتأثر بالتيارات الباردة فى المنطقة الحارة ، والتيارات الدافئة فى العروض الباردة ، فقد ترتب على ذلك أن أصبح تدرج الحرارة على امتداد هذه السواحل بطيئا جدا ، أما السواحل الغربية فيختلف الحال عليها عن ذلك تماما ، لأنها تتأثر بالتيارات الدافئة فى المنطقة الحارة والتيارات الباردة فى العروض الباردة . ولهذا السبب نجد أن مناخها أكثر تطرفا من مناخ السواحل الشرقية ، كما أن التدرج الحرارى على امتدادها يكون شديدا الانحدار جدا بمعنى أن الانتقال من المناخ الحار إلى المناخ البارد يأتى فى مسافة قصيرة ، وقد كان لذلك نتائج اقتصادية هامة ، لأنه أدى إلى تعدد الأنواع المناخية التى تساعد على زراعة غلات متباينة فى مسافة قصيرة نسبيا ، فعلى طول الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية مثلا ، نجد أن الحياة النباتية تتدرج فى مسافة لاتزيد على ٤٦٠٠ كيلومتر من غلات الأقاليم الحارة فى فلوريدا إلى غلات الأقاليم الباردة

في لبرادور . وشدة ندرج الحرارة على طول الساحل الأمريكى بهذا الشكل هو السبب الرئيسى في كثرة حدوث التقلبات الفجائية في درجة حرارة البلاد الواقعة عليه ، لأن مجرد هبوب الرياح من الجنوب أو الشمال كفيل بأن ينقل الحرارة أو البرودة من المناطق المجاورة .

ومثل هذا التدرج السريع يوجد كذلك في شرق آسيا ، ولكنه أقل وضوحا منه في شرق أمريكا الشمالية لأن تيار اليابان الدافئ (كوروسيفو) أضعف أثرا من تيار الخليج ، كما أن أثر تيار كمشتكا البارد أضعف من أثر تيار لبرادور .

٤ - ٣ أثر الارتفاع على درجة الحرارة :

عند الكلام على توزيع الحرارة بصفة عامة على سطح الكرة الأرضية أو على إحدى القارات فإن المعتاد هو إغفال أثر التضاريس ، ولهذا فإن خطوط الحرارة المتساوية التي ترسم على مستوى العالم ومستوى القارات لاتمثل عادة التوزيع الحقيقي للحرارة على سطح اليابس ، ولكن عندما يكون الأمر متعلقا بالكلام على توزيع الحرارة في أى منطقة من المناطق ، وخصوصا إذا كانت منطقة صغيرة فلا بد أن يؤخذ عامل التضاريس بعين الاعتبار حتى يكون التوزيع مطابقا للواقع بقدر الإمكان ، حيث أن هذا التوزيع هو الذى يؤثر فعلا في توزيع كل مافي هذه المنطقة من مظاهر بشرية وغير بشرية .

ويمكن توضيح توزيع الحرارة في هذه الحالة بواسطة خطوط الحرارة المتساوية المرسومة على أساس المعدلات الواقعية ، وليس على أساس المعدلات بعد تعديلها لتمثل الحالة عند سطح البحر ، وهو مايتبع في رسم خطوط الحرارة المتساوية على مستوى العالم أو القارات ، ونظرا لأن درجة الحرارة تتناقص بالارتفاع فإن خرائط خطوط الحرارة المتساوية الفعلية تكون متشابهة إلى حد كبير مع خرائط الخطوط الكتورية .

وكما أن المعدلات الحرارية تتناقص أفقيا عبر الدوائر العرضية من خط

الاستواء نحو القطبين فإنها تتناقص رأسياً على الجبال عبر الخطوط الكنتورية حتى تنخفض إلى درجة التجمد على القمم العالية في العروض المختلفة بما في ذلك العروض المدارية حيث فتغطي هذه القمم بالجليد حيثما يسمح ارتفاعها بذلك) ويظهر عليها مناخ شبيه بمناخ المناطق القطبية .

والمعتاد هو أن تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع بمعدل يطلق عليه تعبير « التناقص الرأسى المعتاد للدرجة الحرارة Normal lapse rate » ، ومقداره درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ متراً ، إلا أن هذا المعدل يتأثر بعوامل مختلفة أهمها رطوبة الهواء وكمية السحب . ففي الجو الرطب يكون معدل التناقص أبطأ منه في الجو الجاف لأن بخار الماء يمتص الحرارة ويساعد على بقائها في الطبقات السفلى من الجو كما أن السحب تساعد على خفض معدل التناقص الحرارى الرأسى لأنها تكون بمثابة غطاء يقلل من سرعة انتقال الحرارة من طبقة الجو التى تحتها إلى الطبقات التى فوقها .

ويرجع التناقص الرأسى للدرجة الحرارة عموماً إلى ثلاثة عوامل رئيسية هى :
١ — تناقص كثافة الهواء وتخلخله مما يؤدي إلى برودته ذاتياً ، ٢ — تناقص المواد العالقة به وهى الغبار وبخار الماء) وتناقص ثانى أكسيد الكربون، وهى المواد التى تساعد الهواء على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس ، ٣ — الابتعاد عن الإشعاع الأرضى الذى ينطلق من سطح الأرض في موجات طويلة يمكن أن يمتصها الهواء ، ويعتبر هذا الإشعاع عاملاً رئيسياً في تسخين الهواء لأنه يستطيع أن يمتص موجاته الطويلة بينما لا يستطيع امتصاص الموجات القصيرة للأشعة المباشرة ، وخصوصاً إذا كان نقياً .

وعند دراسة الحرارة في المناطق الجبلية لا بد من ملاحظة اختلاف نصيب المنحدرات المختلفة من الإشعاع الشمسى مما يؤدي إلى عدم امتداد خطوط الحرارة المتساوية عليها في مستويات واحدة ، ففي نصف الكرة الشمالى تكون المنحدرات الجنوبية للجبال أدفأ بكثير من المنحدرات الشمالية في فصل الشتاء ، ويحدث العكس بالنسبة لجبال نصف الكرة الجنوبي ، ولهذا السبب

فإن خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو مثلا تكون أعلى على المنحدرات الجنوبية لجبال نصف الكرة الشمالى منها على منحدراتها الشمالية ، وينعكس تأثير ذلك على نطاقات الحياة النباتية على هذه المنحدرات .

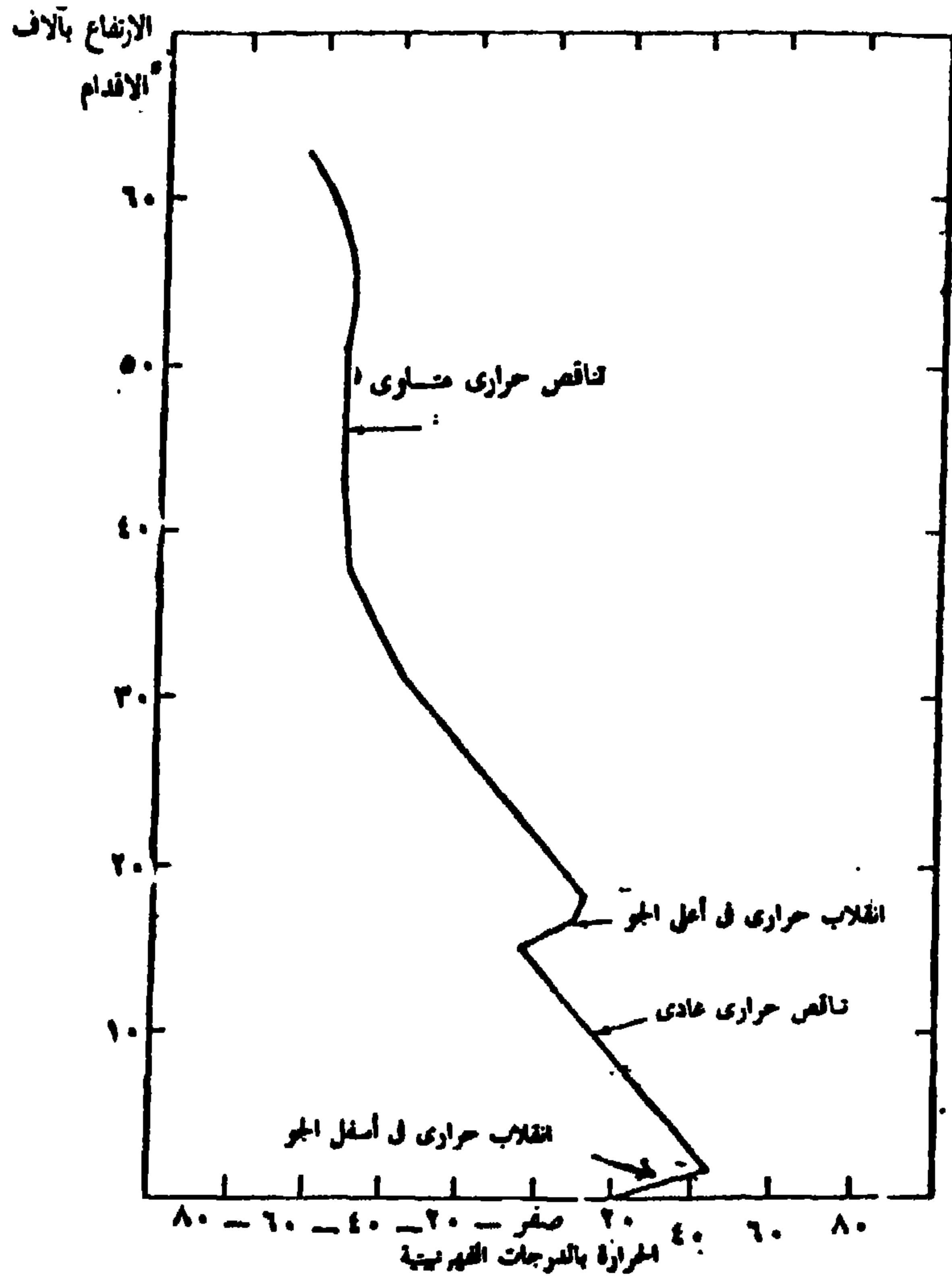
وبالنسبة للجبال العالية فإن التناقص الحرارى يمكن أن يؤدي إلى تغطية قممها أو منحدراتها بالثلوج فى فصل البرودة أو طول السنة على حسب الفترة التى تنخفض أثناءها متوسطات الحرارة إلى درجة التجمد ، ويطلق تعبير خط الثلج Snow line على الخط الذى يتمشى مع الحد الأسفل للثلج المتراكم على المنطقة فى أى فترة من السنة . ومن الواضح أن ارتفاع هذا الخط على الجبال يتغير بتغير درجة الحرارة حتى أنه قد يختفى تماما فى فصل الصيف . وحيثما تبقى الثلوج طول السنة فإن الخط الذى يحدد مناطق بقائها يعرف باسم خط الثلج الدائم . ويختلف ارتفاع هذا الخط من منطقة إلى أخرى على حسب درجة حرارة الجو ورطوبته ، ففى الأقاليم الحارة يكون هذا الخط أعلى بالنسبة لسطح البحر منه فى الأقاليم المعتدلة والباردة ، ويتناقص ارتفاعه كلما اقتربنا من القطبين حتى يصل إلى مستوى سطح البحر فتتغطى الأرض كلها بالثلج الذى تتغطى به كذلك معظم المناطق البحرية . ولكن يلاحظ أن تراكم الثلوج فى أى منطقة لا يتوقف على انخفاض درجة حرارة الجو إلى أقل من درجة التجمد فقط بل يجب أن يكون الجو محملا ببخار الماء اللازم لتكوين الثلوج التى تكفى لتغطية الأرض . ويلاحظ فى نصف الكرة الشمالى أن خط الثلج الدائم يكون غالبا أعلى على المنحدرات الجنوبية للجبال منه على منحدراتها الشمالية بسبب ارتفاع نصيبها نسبيا من أشعة الشمس ، ويحدث عكس ذلك فى نصف الكرة الجنوبي .

٤ - الانعكاس الحرارى :

رغم أن المعتاد هو تناقص درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع بمعدل درجة مئوية لكل ١٥٠ مترا . فإن هذا التناقص قد يتوقف ، بل وقد ينعكس فى بعض الحالات الخاصة ، ويطلق على هذه الظاهرة تعبير الانعكاس الحرارى

Temperature inversion ، ويوصف التغير الرأسى لدرجة الحرارة عندئذ بأنه تغير رأسى منعكس (أو تناقص رأسى منعكس) Inverted lapse rate ، ويحدث هذا الانعكاس نتيجة لأحد العوامل الآتية :

- ١ — نشاط الإشعاع الحرارى من سطح الأرض (الإشعاع الأرضى) فى الليالى الصافية مما يؤدي إلى تزايد برودته وإلى برودة الطبقة الهوائية المجاورة له ، ويكون الانعكاس واضحا بصفة خاصة إذا كان سطح الأرض مغطى بالجليد ، وهو لا يحدث عادة فوق سطح الماء بسبب بطء تبريده إلا إذا كان منذ البداية أشد برودة من الهواء الذى فوقه .
- ٢ — انحدار الهواء البارد من المنحدرات العليا للجبال بسبب ثقله نحو الأودية حيث يتجمع على قاعها بشكل بحيرات من الهواء البارد، ويحدث نتيجة لذلك انعكاس حرارى على جوانب الأودية وفى طبقة الهواء التى فى وسط الأودية فوق الهواء البارد المتجمع على قاعها .
- ٣ — تقابل كتلتين هوائيتين مختلفتى الحرارة حيث يندفع الهواء البارد تحت الهواء الدافىء بسبب ارتفاع كثافته فيحدث انعكاس حرارى فى الجبهة التى بينهما ، ويطلق على هذا الانعكاس اسم انعكاس الجبهات Frontal inversion ، ولا يقتصر حدوث هذا النوع من الانعكاس على الطبقات السفلى من التروبوسفير إذ أنه يمكن أن يحدث كذلك فى المستويات الأعلى عندما يندفع تيار هوائى بارد تحت هواء دافىء أو يندفع تيار دافىء فوق هواء بارد .
- ٤ — مرور هواء دافىء على سطح بارد وليكن سطح مائى أو جليدى أو مجرد منطقة باردة من سطح الأرض ، ففى هذه الحالة يحدث انعكاس حرارى فى الطبقة السفلى من الهواء نتيجة لبرودته بالتلامس مع سطح الأرض البارد .
- ٥ — هبوط الهواء من كتلة هوائية وانتشاره فوق طبقة هوائية سفلى ، ففى أثناء هذه العملية يسخن الهواء ديناميكيا ولكن قسمه الأعلى يكون أكثر



شكل (١٥)
تغير نقص درجة الحرارة بالارتفاع في الجو

سخونة من قاعدته . وهذا النوع من الانعكاس الحراري يمكن أن يحدث في المستويات الجوية العالية .

٦ - في المناطق القطبية يحدث الانعكاس الحراري بسبب ارتداد أشعة الشمس من سطح الجليد ، فتكون درجة حرارة الهواء الملاصق للجليد

أدنى من درجة حرارة الهواء الأعلى ، وقد تتزايد درجة حرارة الهواء رأسياً لمسافة بضع مئات من الأمتار^(١) .

٤ - ٥ - قياس درجة الحرارة

تستخدم لقياس درجة الحرارة عدة أجهزة تقليدية هي :

- ١ - الترمومتر العادى .
- ٢ - الترمومتر المبلل .
- ٣ - ترمومتر النهاية العظمى .
- ٤ - ترمومتر النهاية الصغرى
- ٤ - الترموجراف .

والوحدات المستخدمة لحسابها هي الدرجات المئوية Centigrade (أو Celsius نسبة إلى اسم العالم الذى اقترحها) - والدرجات فهرنهايت Fahrenheit المنسوبة كذلك إلى اسم العالم الذى اقترحها .

والفرق بين النظام المئوى والنظام الفهرنيتى هو أن درجة التجمد فى النظام المئوى هي صفر° ودرجة الغليان هي ١٠٠° ، أما فى النظام الفهرنيتى فإن درجة التجمد هي ٣٢° ودرجة الغليان هي ٢١٢°... وعلى هذا الأساس يكون الفرق بين درجتى التجمد والغليان فى النظام المئوى هو ١٠٠° بينما يكون فى النظام الفهرنيتى ١٨٠° ، ومعنى هذا أن ١٠٠ درجة مئوية تعادل ١٨٠° فهرنهايت ، وأن الدرجة المئوية الواحدة تعادل ١,٨ درجة فهرنهايت .

والى جانب هذين النظامين يوجد نظام ثالث قليل الاستخدام فى الدراسات المناخية ، وبمقتضاه تحسب درجات الحرارة العظمى والدنيا المطلقة ، ويعرف باسم نظام كلفن Kelvin ، وهو يبدأ بالصفر المطلق Absolute Zero ويقصد به أدنى درجة فى التدرج الحرارى ، وهى تعادل - ٢٧٣°م ، وعندها تتوقف كل حركة حرارية فلا تنخفض درجة حرارة أى شئ إلى أقل منها.

(١) حسن أبو المين - مرجع سبق ذكره - ١١٢ .

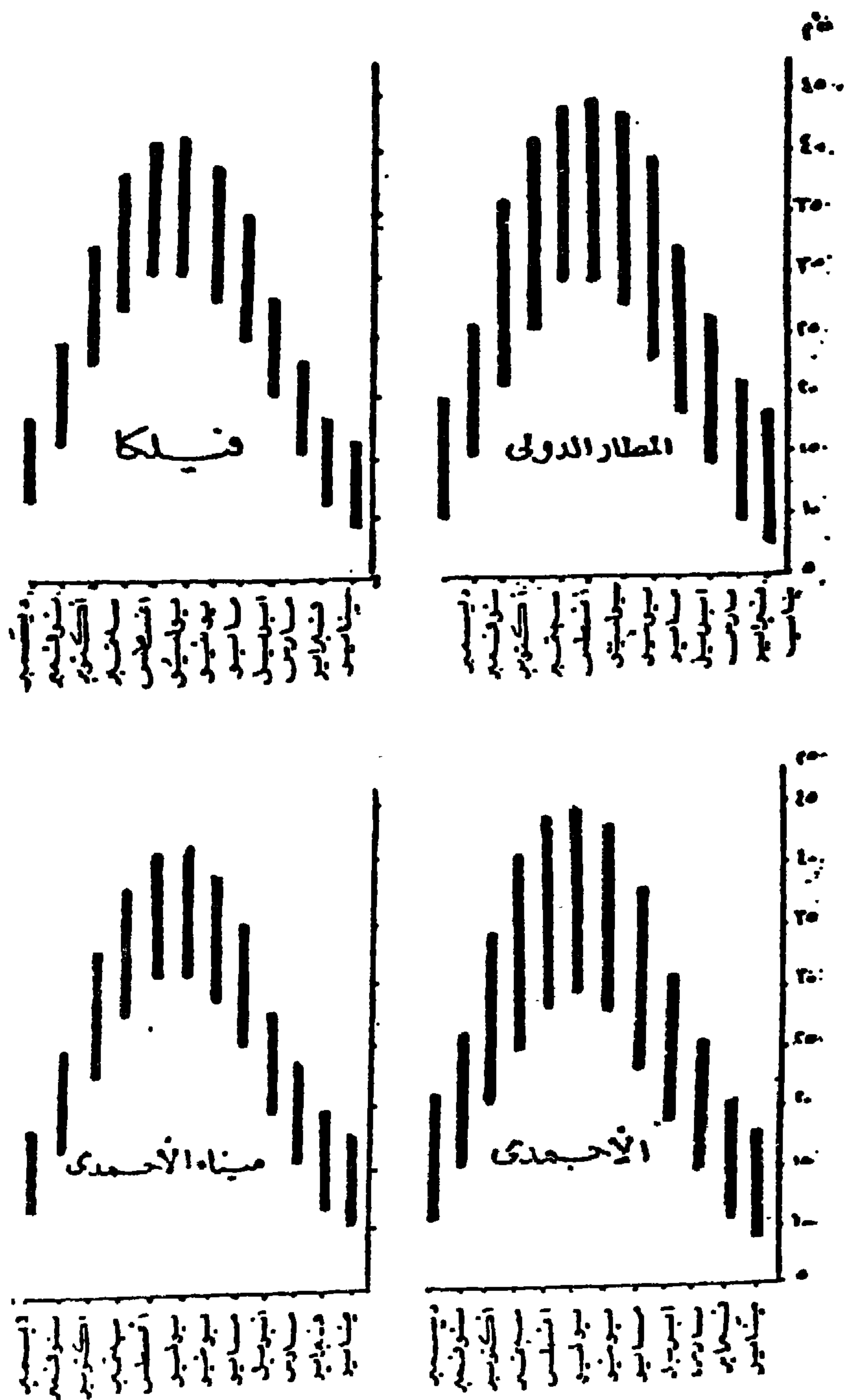
• ملحق رقم (٢) فى آخر الكتاب يوضح الدرجات المتباينة على حسب الطالب .

ويمكن تحويل درجات الحرارة المثوبة إلى درجات حرارة مطلقة بإضافة $^{\circ}273$ إلى قيمتها .. فدرجة حرارة $^{\circ}15$ م مثلاً تعادل $^{\circ}15 + ^{\circ}273 = ^{\circ}288$ مطلقة .

٤ - ٦ - التوضيح الكارتوغرافي للحرارة :

بالإضافة إلى خطوط الحرارة المتساوية التي توضح التوزيع الأفقي لدرجة الحرارة عند مستوى سطح البحر على مستوى القارات أو الأقاليم الواسعة ، وخطوط الحرارة المتساوية الفعلية التي توضح التوزيع الفعلي للحرارة في مناطق محدودة في المستويات المختلفة ، فإن التوزيع الزمني لدرجة الحرارة ومتوسطاتها ومعدلاتها يوضح عادة بمنحنيات يبين بها خط سير النهايات العظمى والنهايات الدنيا أو متوسطات أو معدلات أى منهما في فترات زمنية معينة ، هي عادة أشهر السنة .

وبمقارنة منحنيات معدلات النهايات العظمى بمعدلات النهايات الصغرى يمكن استخراج خط سير المدى الحرارى في نفس الفترات — شكل (١٦)



شكل (١٦)
معدلات النهايات العظمى والصغرى والمعدل الحراري
اليومي في بعض المحطات الكويتية

الضغط الجوى

- ٥ - ١ - تعريف الضغط الجوى وقياسه .
- ٥ - ٢ - التوزيع الأفقى للضغط الجوى .
- ٥ - ٣ - النطاقات الدائمة للضغط الجوى والدورة الهوائية العامة المرتبطة بها .
- ٥ - ٤ - تأثير الماء واليابس على التوزيع الأفقى للضغط الجوى .
- ٥ - ٥ - الضغط الجوى فى المستويات العليا من الجو .
- ٥ - ٦ - الضغط الجوى والطقس .

الضغط الجوي

Atmospheric Pressure

٥ - ١ - تعريف الضغط الجوي وقياسه :

الضغط الجوي هو الثقل الناتج من الغلاف الجوي على سطح الأرض ، فكل المواد التي توجد عالقة بالهواء والعناصر الغازية التي تدخل في تركيب الغلاف الجوي عموماً لها أوزانها التي تساهم بها في الضغط الذي يحدثه الغلاف الجوي على أي منطقة تقع تحته .

ويمكننا أن نقدر عظم ثقل الغلاف الجوي إذا عرفنا أن وزن القدم المكعب من الهواء يبلغ في الظروف العادية حوالي ٤٧ جراماً ، وأن وزن عمود من الغلاف الجوي مساحة مقطعة بوحدة مربعة على مكان ما في منسوب سطح البحر يعادل في المتوسط حوالي ٦,٥٣ كيلوجرام (١٤,٧ رطل) . وبعملية حسابية بسيطة يكون وزن العمود الجوي الواقع على قدم مربع من نفس المكان حوالي طن .

ولكن الضغط الجوي لا يحسب في الأرصاد الجوية أو الدراسات المناخية بهذه الطريقة ، بل يقاس بواسطة عدة أجهزة أهمها البارومتر الزئبقي Barometer والباروجراف والبارومتر المفرغ (بارومتر أنيرويد) Aneroid Barometer * ويمكن أن نحسب الضغط الجوي بالبوصات أو الستيمترات الزئبكية على حسب ما يبينه ارتفاع الزئبق في البارومتر ، أو بالمليبار على

* لوصف هذه الأجهزة وشرح طرق استخدامها - راجع عبد العزيز طريح شرف - المقدمات في الجغرافيا الطبيعية - ١٩٨٥ - ص ٢٧٦ - ٢٧٨

أساس. أن المليبار يعادل $\frac{1}{1000}$ من « البار » وهو الوحدة الديناميكية لقوة الضغط الواقعة على مساحة قدرها سنتيمتر مربع من سطح الأرض . والمليبار هو الوحدة الأكثر استخداما في الوقت الحاضر ، في الرصد الجوي وتبادل البيانات الجوية على مستوى العالم . مع ملاحظة أن البوصة الزئبقية تعادل ٣٣,٩ مليبار وأن السنتيمتر الزئبقى يعادل ١٣,٦ مليبار ، وأن معدل الضغط الجوى عند سطح البحر يعادل ١٠١٣,٢ مليبار أو ٧٦ سنتيمترا زئبقيا أو ٢٩,٩٢ بوصة زئبقية . والمقصود بالقياس البارومتري الزئبقى هو أن وزن عمود الغلاف الجوى الواقع على بوصة مربعة من سطح الأرض يعادل في المتوسط وزن عمود الزئبق الذى بداخل البارومتر عندما يكون ارتفاعه ٧٦ سم أو ٢٩,٩٢ بوصة .

ومن الطبيعى أن يكون هناك تناسب عكسى بين الضغط الجوى والارتفاع عن سطح البحر ، وذلك بسبب تناقص سمك الغلاف الجوى وتناقص نسبة الغازات الثقيلة التى تدخل في تركيبه . وعلى الرغم من أن سرعة تناقص الضغط الجوى بالارتفاع ليست واحدة في كل قطاعات الجو ، وبأنه يتأثر بصفاء الجو وبوجود بخار الماء والغبار في المستويات المنخفضة ، فإن هناك معدلات عامة وتقريبية لهذا التناقص في المستويات المختلفة كما بينها الجدول (٦) ومنه يتبين أن التناقص يكون سريعا نسبيا في المستويات المنخفضة ثم يتناقص معدله كلما زاد الارتفاع ، فبينما يتناقص بمعدل ١١ مليبارا في كل مائة متر في المستويات الواقعة بين سطح البحر وارتفاع ١٥٠٠ متر ، فإنه يتناقص بمعدل ٦ مليبارا في المستويات الواقعة بين ٦٠٠٠ و ٧٥٠٠ متر وبمعدل ٠,٧ في المستويات الواقعة بين ١٥ ألف و ٣٠ ألف متر .

وتستخدم معدلات تناقص الضغط الجوى بالارتفاع في بعض المجالات التى تلزم لها معرفة الضغط الجوى في المستويات المرتفعة بالنسبة للمعدلات المأخوذة عند سطح البحر ، مثل رسم خرائط توزيع الضغط الجوى والرياح على مستويات جوية معينة ، ومعرفة ارتفاع الطائرات وارتفاع قمم الجبال العالية .

وترسم خرائط توزيع الضغط الجوي في طبقات الجو العليا بطريقتين ، ففي احدهما يحدد الارتفاع الذي يراد حساب ضغطه الجوي ثم ترسم الخرائط التي تبين توزيع الضغط على هذا الارتفاع ، وفي الثانية يحدد مستوى الضغط الجوي المطلوب توزيعه وحساب ارتفاعاته على المناطق المختلفة ثم ترسم خطوط كنتورية لتوضيح الارتفاعات التي يوجد عليها هذا الضغط .

جدول (٦) معدل تناقص الضغط الجوي بالارتفاع

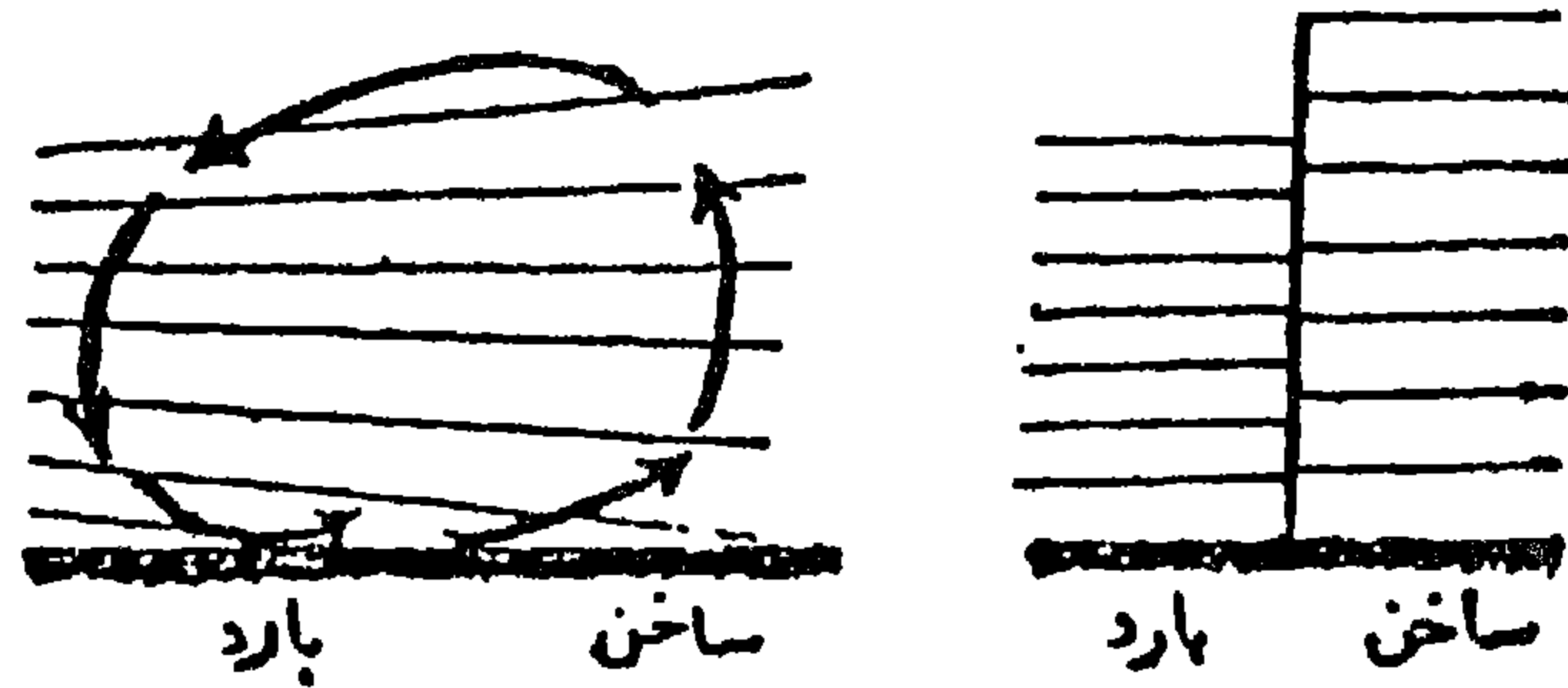
الارتفاع عن سطح البحر بالأمتار	معدل التناقص لكل ١٠٠ متر بالمليارات
سطح البحر — ١٥٠٠	١١
١٥٠٠ — ٣٠٠٠	١٠
٣٠٠٠ — ٤٥٠٠	٨
٤٥٠٠ — ٦٠٠٠	٧
٦٠٠٠ — ٧٥٠٠	٦
٧٥٠٠ — ١٥٠٠٠	٦
١٥٠٠٠ — ٣٠٠٠٠	٠,٧

٥ - ٢ - التوزيع الأفقى للضغط الجوى :

بينما يتناقص الضغط الجوى بانتظام تقريبا فى توزيعه الرأسى فإن توزيعه الأفقى يخضع لعدة عوامل تؤدي إلى تباينه من مكان إلى آخر وإلى تغيره من وقت إلى آخر ، وإن هذا التباين المكانى وهذا التغير الزمنى هما اللذان يتحكمان فى حركة الرياح على سطح الكرة الأرضية ، سواء على نطاق إقليمى واسع أو على نطاق محلى بين الأماكن المتجاورة ، وسواء كانت هذه الحركة بشكل نسيم خفيف ، أو بشكل عواصف مدمرة . ولهذا فإن التوزيع الأفقى للضغط الجوى هو الذى يدخل دائما فى دراسة المناخ .

وَأهم العوامل التى تتحكم فى التوزيع الأفقى للضغط الجوى هى درجة الحرارة ورطوبة الهواء والتقاء التيارات الهوائية من اتجاهات متقابلة . وتعتبر درجة الحرارة بالذات العامل الرئيسى الذى يتحكم فى توزيع الضغط الجوى الذى يتناسب معها تناسبا عكسيا ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة تمدد الهواء وقلت كثافته وحدث به تصعيد إلى أعلى فيتكون نتيجة لذلك ضغط منخفض . وكلما انخفضت درجة الحرارة انكمش الهواء وزادت كثافته وهبط نحو سطح الأرض فيتكون نتيجة لذلك ضغط مرتفع ، فإذا كانت منطقتا الضغط الجوى المنخفض والضغط المرتفع متجاورتين فإن الرياح تتحرك عند سطح الأرض من منطقة الضغط المرتفع التى هبط هوائها إلى منطقة الضغط المنخفض التى حدث تصعيد فى هوائها ، بينما يحدث العكس فى أعلى الجو حيث تتحرك الرياح من المنطقة التى حدث تصعيد فى هوائها إلى المنطقة الأخرى التى حدث هبوط فى هوائها ، وهكذا تتكون دورة هوائية خاصة بين المنطقتين (شكل ١٧) .

أما رطوبة الهواء فإن تأثيرها لا يمكن أن يقارن بتأثير درجة الحرارة ومع ذلك فإن زيادتها تساعد على نقص الضغط الجوى لأن بخار الماء أخف من الهواء وأنه لهذا السبب يظل عالقا به .



شكل (١٧) انتقال الهواء بين منطقتين إحداهما سطحها ساخن والثانية سطحها بارد

أما التقاء التيارات الهوائية فيرجع تأثيره على الضغط الجوي إلى أنه يؤدي في حالة حدوثه عند سطح الأرض إلى حدوث تيارات صاعدة في الهواء فينتج عن هذا ضغط منخفض ، وأنه يؤدي في حالة حدوثه في أعلى التروبوسفير إلى حدوث تيارات هابطة فينتج عن هذا ضغط مرتفع .

وعلى الرغم من أن الضغط الجوي يتأثر كذلك بالارتفاع عن سطح البحر ، كما سبق أن ذكرنا ، فإن تأثير هذا العامل لا يظهر عادة إلا على نطاق محلي ولا يتدخل في النظام العام لهبوب الرياح ، ولهذا فإن خرائط توزيع الضغط الجوي المستخدمة في دراسة المناخ ترسم على أساس استبعاد تأثير الارتفاع . ويوضح التوزيع في هذه الخرائط بواسطة خطوط تصل الأماكن التي يتساوى عليها الضغط بعد تعديل القياسات المأخوذة على المرتفعات لتمثل الحالة عند سطح البحر .

ويمكن أن ترسم خطوط الضغط الجوي المتساوي لتوضيح توزيع الضغط الجوي في أي فترة من الزمن ، فمنها ما يرسم لتوضيح الضغط في ساعة معينة ، كما هو متبع في رسم خرائط الطقس ، ومنها ما يرسم في الخرائط المناخية لتوضيح المعدلات الشهرية والسنوية للضغط الجوي .

ويوصف الضغط الجوي عادة بأنه مرتفع High إذا زاد عن ١٠١٣ مليبارا (أو ٢٩,٢٩ بوصة زئبقية أو ٧٦ سنتيمترا زئبقيا) وبأنه منخفض Low إذا

انخفض عن هذا المقدار ، ومع ذلك فإن ارتفاع الضغط الجوى أو انخفاضه على أى منطقة قد يكون نسبيا بالمقارنة بالضغط الجوى على المناطق المجاورة ، حيث يوصف مثلا بأنه مرتفع إذا كان أقل من المقدار السابق وكان فى نفس الوقت أعلى منه على المناطق المجاورة . وبغض النظر عن الانخفاض غير العادى الذى قد يسجل فى قلب الأعاصير والمنخفضات الجوية العارضة فإن مدى التباين فى الضغط الجوى على سطح الكرة الأرضية لا يزيد عادة على ٤٠ مليبارا (حوالى ١,٢ بوصة أو ثلاثة ستيمترات زئبقية) .

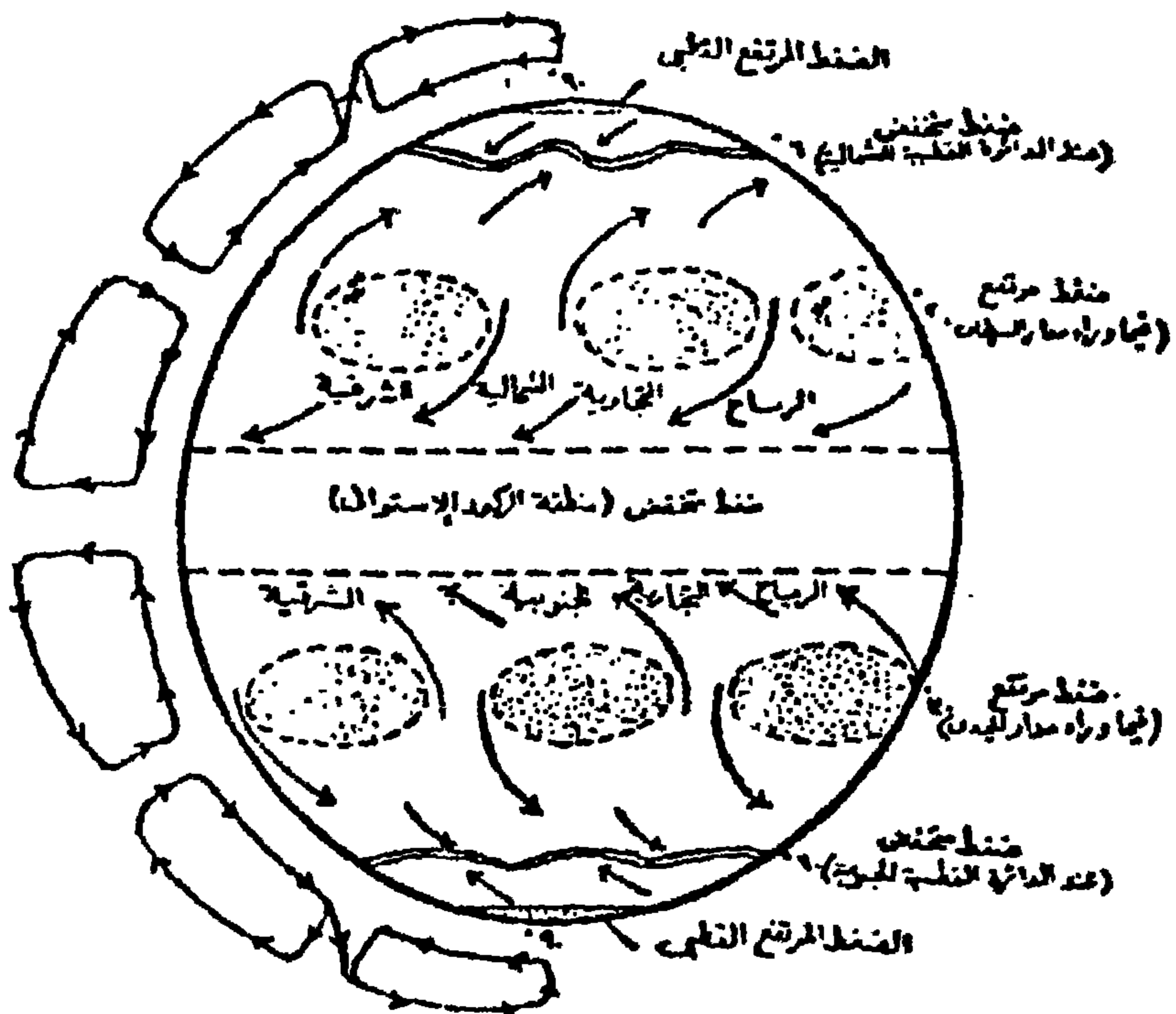
٥ - ٣ - النطاقات الدائمة للضغط الجوى والدورة الهوائية العامة المرتبطة بها :

إذا صرفنا النظر عن تباين الضغط الجوى على سطح الكرة الأرضية من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر بسبب اختلاط الماء باليابس واختلاف تأثير الإشعاع الشمسى على كل منهما وبسبب تباين التضاريس فإن الضغط الجوى يتوزع على سطحها فى نطاقات عامة تتفق مع دوائر العرض وتزحزح شمالا وجنوبا تبعا لحركة الشمس الظاهرية . فعلى فرض أن سطح الأرض كله مكون من ماء أو من يابس وأنه فى منسوب سطح البحر فإن نطاقات الضغط الجوى والرياح العامة تتوزع عليه بنظام خاص يفرضه عاملان رئيسيان هما : توزيع الإشعاع الشمسى على خطوط العرض والتأثير الديناميكى الذى تفرضه الدورة الهوائية العامة بين هذه النطاقات .

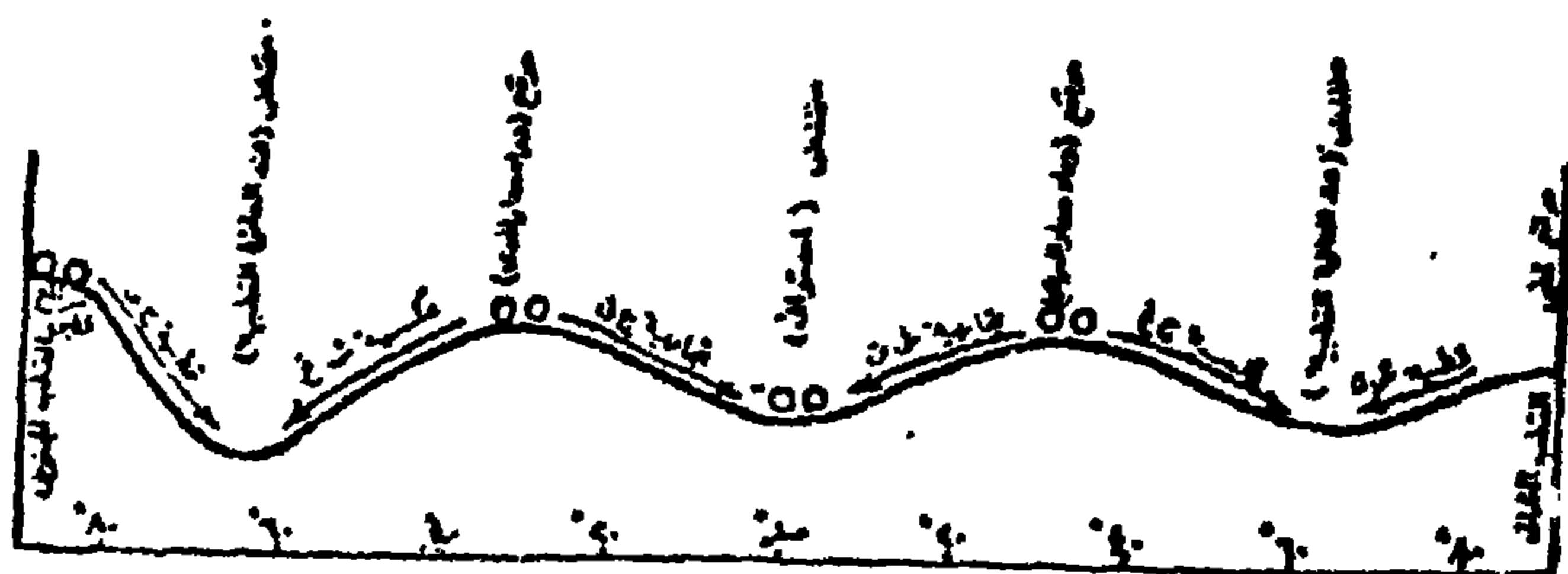
فى النطاق الممتد حول خط الاستواء يوجد نطاق من الضغط الجوى بسبب ارتفاع درجة الحرارة ونشاط حركات التصعيد . وفى أعلى التروبوسفير يتوزع الهواء الصاعد فى أعلى الجو بشكل رياح علوية باردة تتجه نحو القطبين ، وفيما بين خطى عرض ٣٠° و ٣٥° تقريبا تلتقى هذه الرياح برياح باردة أخرى قادمة فى أعلى الجو من ناحية القطبين فتتسبب نتيجة لالتقاءهما تيارات

هوائية هابطة تؤدي إلى تكون نطاقين من الضغط المرتفع عند سطح الأرض
يشتهر الشمالى منهما باسم نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان والجنوى
باسم نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى .

ومن هذين النطاقين تتوزع الرياح نحو خط الاستواء من ناحية ونحو
الدائرتين القطبيتين من ناحية ثانية . وتشتهر الرياح التى تتجه نحو خط الاستواء
باسم الرياح التجارية، ويكون اتجاهها شماليا شرقيا فى نصف الكرة الشمالى
وجنويا شرقيا فى نصفها الجنوى . أما الرياح التى تتجه ناحية الدائرتين
القطبيتين فتشتهر باسم الرياح العكسية أو الغربية ويكون اتجاهها جنوبيا غريبا
فى نصف الكرة الشمالى وشماليا غربيا فى نصفها الجنوى . وفيما بين خطى
عرض 45° و 60° فى نصفى الكرة تلتقى الرياح العكسية برياح قطبية شديدة
البرودة قادمة من نطاق الضغط المرتفع اللذين يتكونان على المناطق القريبة من
القطبين بسبب شدة البرودة وهبوط الرياح نحو سطح الأرض . ويؤدي التقاء
الرياح العكسية بالرياح القطبية إلى تكون تيارات هوائية صاعدة فى منطقة
التقاءهما ، أى فيما بين خطى عرض 45° و 60° ، فيؤدي هذا إلى ظهور
نطاقين من الضغط المنخفض على هذه العروض . وفى أعلى الجو يتوزع الهواء
الصاعد فى هذين النطاقين فيتجه بعضه نحو القطبين حيث يهبط فى منطقتى
الضغط المرتفع القطبيتين ، ويتجه بعضه الآخر ناحية المدارين حيث يهبط فى
منطقتى الضغط المرتفع وراء المدارين (شكل ١٨ و شكل ١٩)



شكل (١٨) نطاقات الضغط الرئيسية والدورة الهوائية العامة



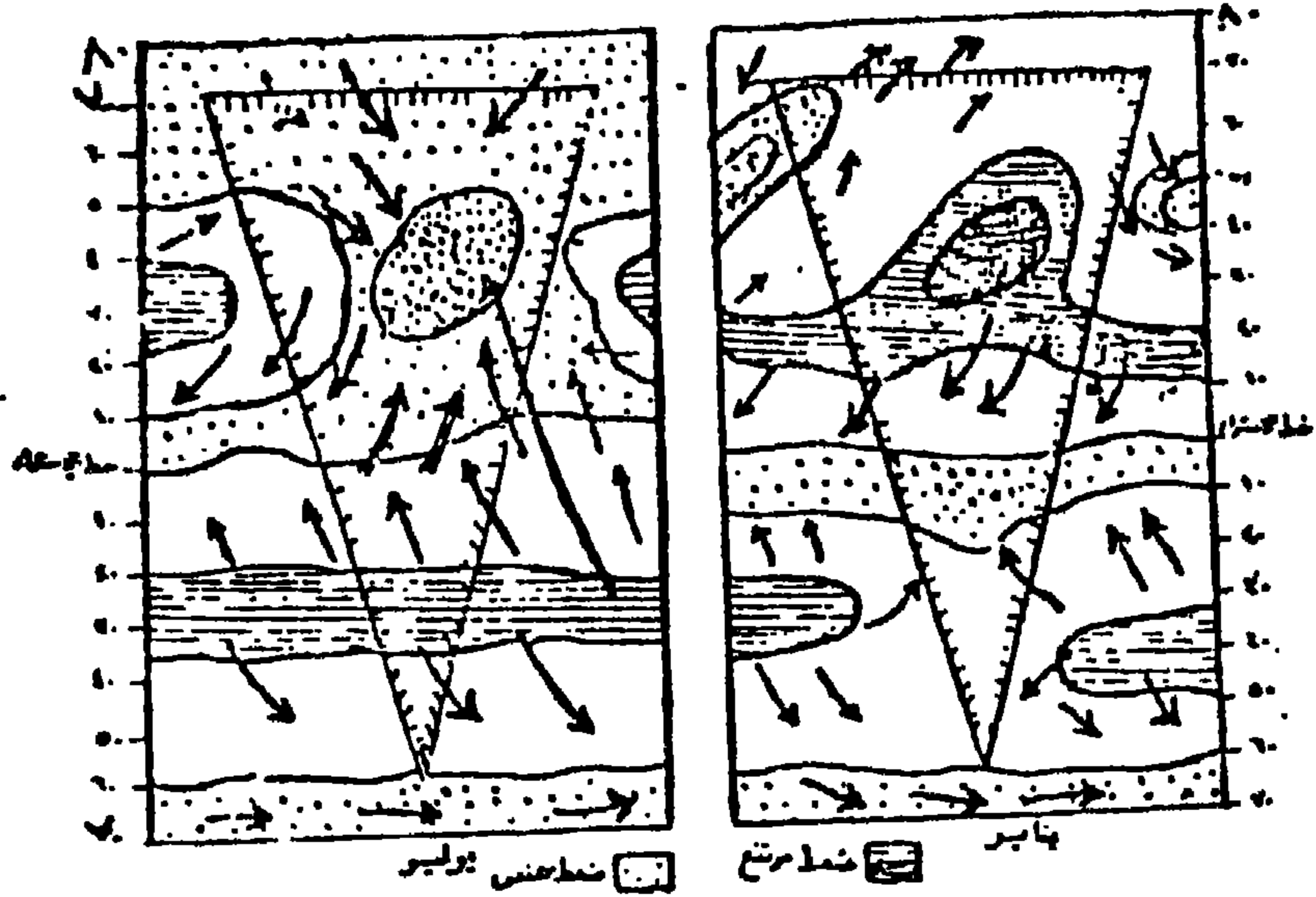
شكل (١٩) شكل تخطيطي يوضح نطاقات الضغط الرئيسية والرياح العامة التي تنقل بينها

٥ - ٤ - تأثير الماء واليابس على التوزيع الأفقى للضغط الجوى :

لو كان سطح الكرة الأرضية كله ماء أو كان كله يابسا في منسوب سطح البحر لبقى توزيع نطاقات الضغط الجوى العامة متمشيا بانتظام مع دوائر العرض ، كما سبق أن ذكرنا ولكان كل ما يطرأ على هذه النطاقات من تغير هو أنها تنزحزح نحو الشمال في فصل الصيف الشمالى ونحو الجنوب في فصل الشتاء تبعاً لحركة الشمس الظاهرية ، ولكن الواقع هو أن سطح الكرة الأرضية مكون من ماء ويابس . ونظراً لأن تأثير الإشعاع الشمسى لا يكون واحداً عليهما فإن نطاقات الضغط الجوى العامة لا تحافظ على امتدادها العام مع دوائر العرض بل تنقطع ويتعدل توزيعها من فصل إلى آخر على حسب ما يفرضه تغير الأحوال الحرارية على البحار من ناحية وعلى القارات من ناحية أخرى . ويتعدل توزيعها بصفة خاصة في نصف الكرة الشمالى حيث يبلغ اليابس أقصى اتساعه . أما في النصف الجنوبى فيكون التعديل أقل وضوحاً بسبب ضيق القارات والتقاء مياه المحيطات بعضها ببعض في نطاق عريض يمتد من الأطراف الجنوبية لإفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا حتى القارة القطبية الجنوبية . ففى هذا النطاق يكاد اليابس يختفى تقريباً ، ولهذا فإن نطاق الضغط المنخفض عند الدائرة القطبية الجنوبية لا يكاد يطرأ عليه أى تغير بين الصيف والشتاء ، باستثناء تنزحزحه قليلاً نحو الشمال في فصل الصيف (الشمالى) ونحو الجنوب في فصل الشتاء . ويبين الشكل (٢٠) نظام الضغط الجوى والرياح على قارة نموذجية في الشتاء والصيف .

ويمكن تلخيص التغيرات التى تطرأ على نطاقات الضغط العامة كما يلى :

في فصل الصيف الشمالى تنزحزح كل نطاقات الضغط العامة نحو الشمال فيقع نطاق الضغط المنخفض الاستوائى كله تقريباً إلى الشمال من خط الاستواء وتكون مراكزه الرئيسية واقعة على الهند والسودان وجنوبى أمريكا الشمالية . ويتكون فى نفس الفصل ضغط منخفض شديد العمق والاتساع



شكل (٢٠) توزيع الضغط الجوي والرياح على قارة غوردجية
في الشتاء والصيف

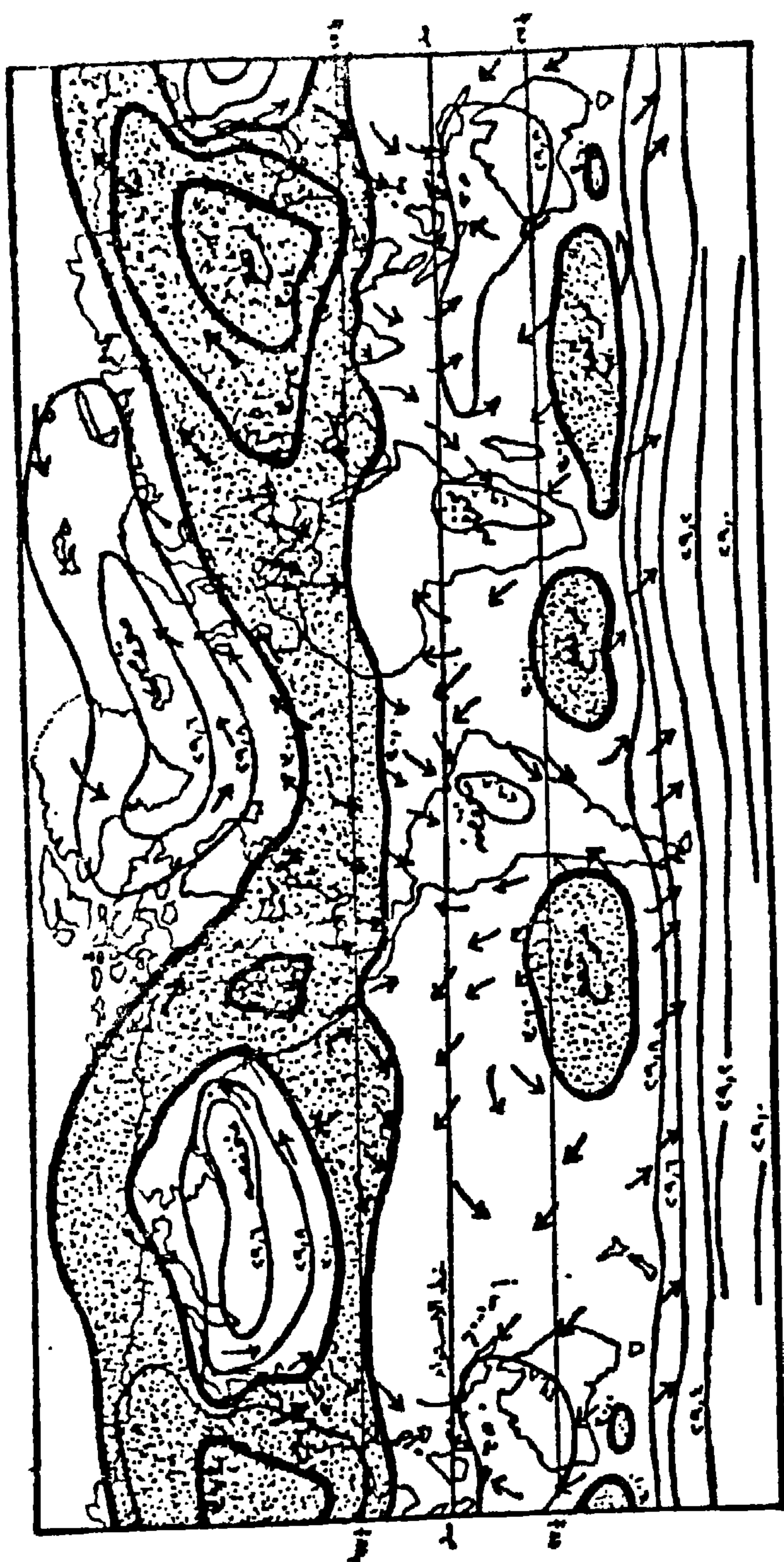
على أواسط آسيا ويقابله ضغط منخفض آخر أقل منه عمقا واتساعا على أمريكا الشمالية . يلتقى هذان الضغطان من ناحية الجنوب بالضغط المنخفض الاستوائى ، ومن ناحية الشمال بالضغط المنخفض عند الدائرة القطبية الشمالية ، ويكون هذا الضغط عندئذ ممتدا بدون انقطاع على شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية وشمال المحيطين الأطلسي والهادى . أما نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى فيختفى تقريبا من على آسيا وأمريكا الشمالية ويقتصر وجوده على منطقتين منفصلتين إحداهما على شمال المحيط الهادى والثانية على وسط المحيط الأطلسي الشمالى حول جزر آزورس التى تقع فى مركزه ، ولهذا فإنه يشتهر باسم الضغط المرتفع الآزورى ، ومن هذا يتضح أن الضغط المنخفض يكون هو المسيطر على القسم الأعظم من نصف الكرة الشمالى .

أما فى النصف الجنوبى فإن التغير الذى يطرأ على نطاقات الضغط الجوى العامة فى هذا الفصل (الشتاء الجنوبى) يكون محدودا حيث يكاد ينحصر فى

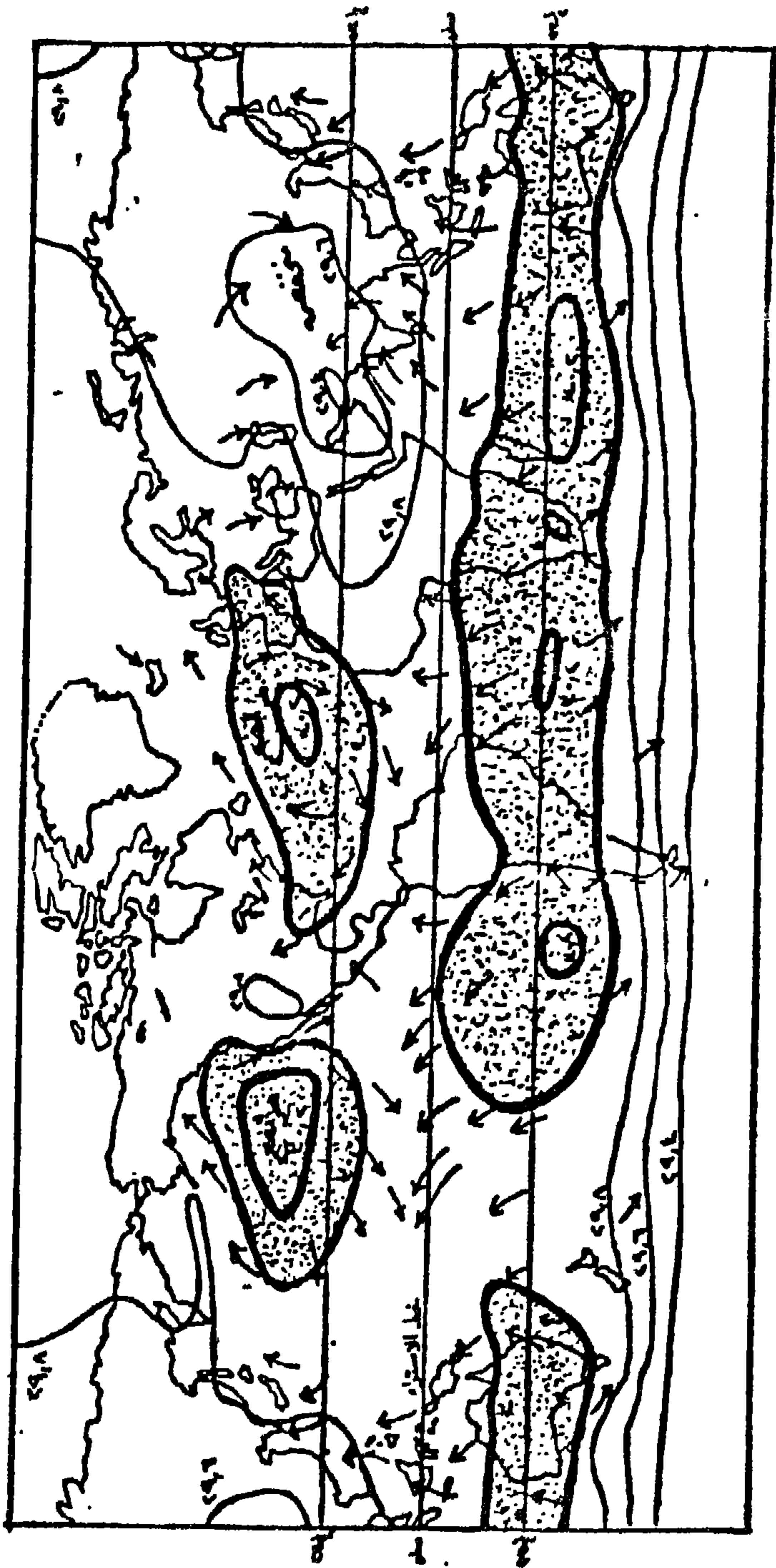
تترشح هذه النطاقات نحو الشمال ، بحيث تنتقل كل مراكز الضغط المنخفض الاستوائى إلى الشمال من هذا الخط . وتكون للضغط المرتفع وراء مدار الجدى ثلاثة مراكز على المحيطات حوالى خط عرض ٢٥° جنوبا . ولكنه يظل ممتدا بدون انقطاع تقريبا على استراليا وجنوب إفريقيا وجنوب أمريكا الجنوبية .

وفى فصل الشتاء الشمالى يحدث عكس ما يحدث فى الصيف تقريبا حيث تترشح نطاقات الضغط العامة كلها تقريبا نحو الجنوب ، فتنتقل مراكز الضغط المنخفض الاستوائى إلى جنوب خط الاستواء حيث تقع على شمالى استراليا ووسط إفريقيا ووسط أمريكا الجنوبية ، وتكون على أوراسيا وأمريكا الشمالية منطقتان من الضغط المرتفع ، الأولى منهما أوسع وأشد ارتفاعا من الثانية بسبب عظم اتساع كتلة أوراسيا . وتتصل هاتان المنطقتان بالضغط المرتفع الأزورى على المحيط الأطلسى ، ويتكون من الجميع نطاق عظيم من الضغط المرتفع الذى يمثل فى الواقع نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان . وتكون فوق المحيط الأطلسى والمحيط الهادى الشماليين منطقتان عظيمتان من الضغط المرتفع يمثلان نطاق الضغط المنخفض القريب من الدائرة القطبية الشمالية . ويشتهر الضغط المنخفض على المحيط الأطلسى الشمالى باسم « الضغط المنخفض الأيلسندى » نسبة إلى جزيرة أيسلندة التى يتمركز حولها ، أما الضغط المنخفض على المحيط الهادى الشمالى فيشتهر باسم « الضغط المنخفض الألوشى » نسبة إلى جزر ألوشيان التى تقع فى قلبه تقريبا . ومن هذا يتضح أنه ، على العكس مما يحدث فى فصل الصيف (الشمالى) فإن نصف الكرة الشمالى يكون فى جملة خاضعا لنطاق عظيم من الضغط المرتفع . أما على نصف الكرة الجنوبى فتستد السنة من الضغط المنخفض الاستوائى الذى يتترشح جنوبا على استراليا وجنوب إفريقيا ووسط أمريكا الجنوبية ، وتؤدى هذه الألسنة إلى انقسام نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى إلى ثلاث مناطق منفصلة على المحيطات الثلاثة على امتداد خط عرض ٣٥° جنوبا تقريبا .

وتبين الخريطتان (الشكلان ٢١ و ٢٢) توزيع الضغط الجوى والرياح فى العالم فى شهرى يناير ويوليو بالترتيب .



شكل (٢٢) توزيع الضغط الجوى والرياح فى العالم فى شهر يناير



شكل (٢١) توزيع الضغط الجوي والرياح في العالم في شهر يوليو

٥ - ٥ - الضغط الجوي في المستويات العليا من الجو .

إن الطريقة المستخدمة حالياً لقياس عناصر المناخ في المستويات العليا من الجو هي بالونات الرصد الجوي المعروفة باسم الراديو سوند Radio Sonde ، ولكن المستويات التي أمكن قياس عناصرها بهذه الطريقة لا يزيد ارتفاعها غالباً على ٣٥ كيلومتراً . وقد ساعد تقدم أبحاث الفضاء على الحصول على معلومات أكثر تفصيلاً ودقة عن المستويات الأعلى من ذلك . ولكن على الرغم من كل هذا فمازالت البيانات الخاصة بالضغط الجوي والرياح في المستويات العليا غير كافية لرسم خرائط دقيقة لها . ولهذا فإن الضغط الجوي في المستويات المرتفعة يحسب غالباً على أساس الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر وما يطرأ عليه من تغير رأسي ، وهناك نوعان من خرائط الضغط الجوي في المستويات العليا يحدد في أحدهما ارتفاع المستوى الذي يراد رسم خريطة الضغط الجوي له وليكن مستوى ٥٠٠ متر أو أكثر أو أقل فوق سطح البحر بينما تحدد في الثاني قيمة الضغط الجوي الذي يراد معرفة ارتفاعه على المناطق المختلفة وليكن ٧٠٠ ملليبار مثلاً ، وتوصل الارتفاعات التي يوجد فيها هذا الضغط بخطوط أشبه بالخطوط الكنتورية ، وهذه هي الطريقة التي يكثر استخدامها في الوقت الحاضر ، وخصوصاً عند توزيع ارتفاع ضغط جوي معين في الأجواء العليا لمناطق واسعة .

٥ - ٦ - الضغط الجوي والطقس :

تكلمنا فيما سبق عن الضغط الجوي كعنصر مناخي ، وأوضحنا توزيع نطاقاته العامة ، وما يطرأ عليها من تغيرات فعلية بسبب تأثير الماء واليابس ، وهي موضوعات مهمة في دراسة المناخ ، سواء على مستوى العالم أو على مستوى القارات أو الأقاليم . ولكنها ليست مهمة بنفس الدرجة لفهم الدور الكبير

* هو جهاز صغير (في حجم الراديو الصغير) ، وبه أجهزة تسجيل لقياس مختلف عناصر الجو وإرسال نتائج القياس إلى محطة الاستقبال على الأرض ، ويطلق هذا الجهاز في بالون مملأ بالهيدروجين أو الهيليوم أو أي غاز خفيف لكي يرتفع بسهولة في الجو .

الذى يلعبه الضغط الجوى فى أحوال الطقس اليومية وما يطرأ عليها من تغيرات أو تقلبات قد تكون بالغة العنف فى بعض الأحيان .

فالضغط الجوى يعتبر من أهم العناصر التى تبنى عليها خرائط الطقس التى تستند إليها التوقعات الجوية فى كل الدول ، ولهذا فإن محطات الأرصاد تقوم بقياسه وتسجيله دون توقف ، كما تقوم المحطات الرئيسية بتوضيح توزيعه مرتين أو أربع مرات يوميا فى ساعات معينة على خرائط الطقس المعروفة . وتستخدم فى توضيحه على هذه الخرائط نفس طريقة توضيحه على خرائط المناخ ، أى بواسطة خطوط الضغط المتساوى ، ولكن مع فارق أساسى ، وهو أن الخطوط التى ترسم على خرائط الطقس تبنى على نتائج القياس المأخوذة . فى ساعات معينة بينما تبنى الخطوط التى ترسم على خرائط المناخ على أساس المعدلات الشهرية ، ولهذا فإنها تغفل التغيرات التى تحدث من ساعة إلى أخرى أو من يوم إلى آخر ، أما الخطوط التى ترسم على خرائط الطقس فإنها تبين تفاصيل توزيع الضغط فى ساعات محددة بحيث يمكن استخدامها لمعرفة التغيرات التى تحدث لهذا التوزيع من وقت إلى آخر فيمكن بذلك معرفة أحوال الطقس بالتفصيل وتقدير التغيرات التى يمكن أن تطرأ عليها .

وليس من السهل أن نحدد هنا كل ظاهرات الطقس التى تصاحب تغيرات الضغط الجوى المختلفة ، لأن هذه الظاهرات تتباين على حسب عوامل كثيرة أهمها شدة هذه التغيرات ، وميلها إلى الانخفاض أو الارتفاع ، وشدة انحدار الضغط نحو مركز المنخفض أو المرتفع الجوى وطبيعة المنطقة وغير ذلك من العوامل ، ومع ذلك فمن الممكن التمييز بسهولة بين الظاهرات التى تصاحب ارتفاع الضغط الجوى والظاهرات التى تصاحب انخفاضه بغض النظر عن تباينها فى الشدة كما يلى .

عندما يكون الضغط مرتفعا على أى مكان يكون الطقس عادة صحو والشمس ساطعة والسماء خالية من السحب ويميل الهواء للسكون ، أو تهب رياح خفيفة يكون اتجاهها دائما مع اتجاه حركة عقرب الساعة حول مركز

الضغط المرتفع في نصف الكرة الشمالي ، وعكسه في نصفها . الجنوبي
ويطلق تعبير مرتفع جوى High Pressure أو Anticyclone عادة على الضغط
المرتفع الذى يتكون بصورة مؤقتة على مكان ما . وذلك تميزا له عن المنخفض
الجوى Depression أو Cyclone الذى يتكون كذلك بصورة مؤقتة نتيجة
لالتقاء نوعين مختلفين من الهواء ، أو نتيجة لتسخين سطح الأرض في منطقة
ما . وكثيرا مايكون المرتفع الجوى هو مجرد منطقة فاصلة بين منخفضين
جويين .

وعلى العكس من الهدوء الذى يصاحب ارتفاع الضغط الجوى فان انخفاضه
يكون مصحوبا غالبا باضطرابات متباعدة في شدتها ومظاهرها ، فمما ماهو
بسيط فلايصاحبه الا تغير في اتجاه الرياح وزيادة محدودة في سرعتها مع ظهور
بعض السحب ، ومنها ماهو عنيف بدرجة تؤدي إلى هبوب رياح عاصفة
وهطول أمطار رعدية شديدة ، كما يحدث عند مرور كثير من المنخفضات
الجوية الشتوية في العروض المعتدلة ، ومنها ماهو بالغ العنف بدرجة تؤدي إلى
كوارث مروعة وتسبب خسائر فادحة في الأموال والأرواح كما يحدث أحيانا في
الأعاصير التى تشتهر بها بعض المناطق المدارية .

٦

الرياح

- ٦ - ١ - تعريف الرياح ونظام هبوبها .
- ٦ - ٢ - سرعة الرياح .
- النظام اليومي لسرعة الرياح .
- قياس سرعة الرياح .
- ٦ - ٣ - أنواع الرياح السطحية .
- ٦ - ٣ - ١ - الرياح السطحية العامة .
- أ - الرياح التجارية .
- ب - الرياح الغربية .
- ج - الرياح الموسمية .
- ٦ - ٤ - التمثيل الكارتوغرافي للرياح .
- ٦ - ٥ - الرياح العليا .

٦ الرياح

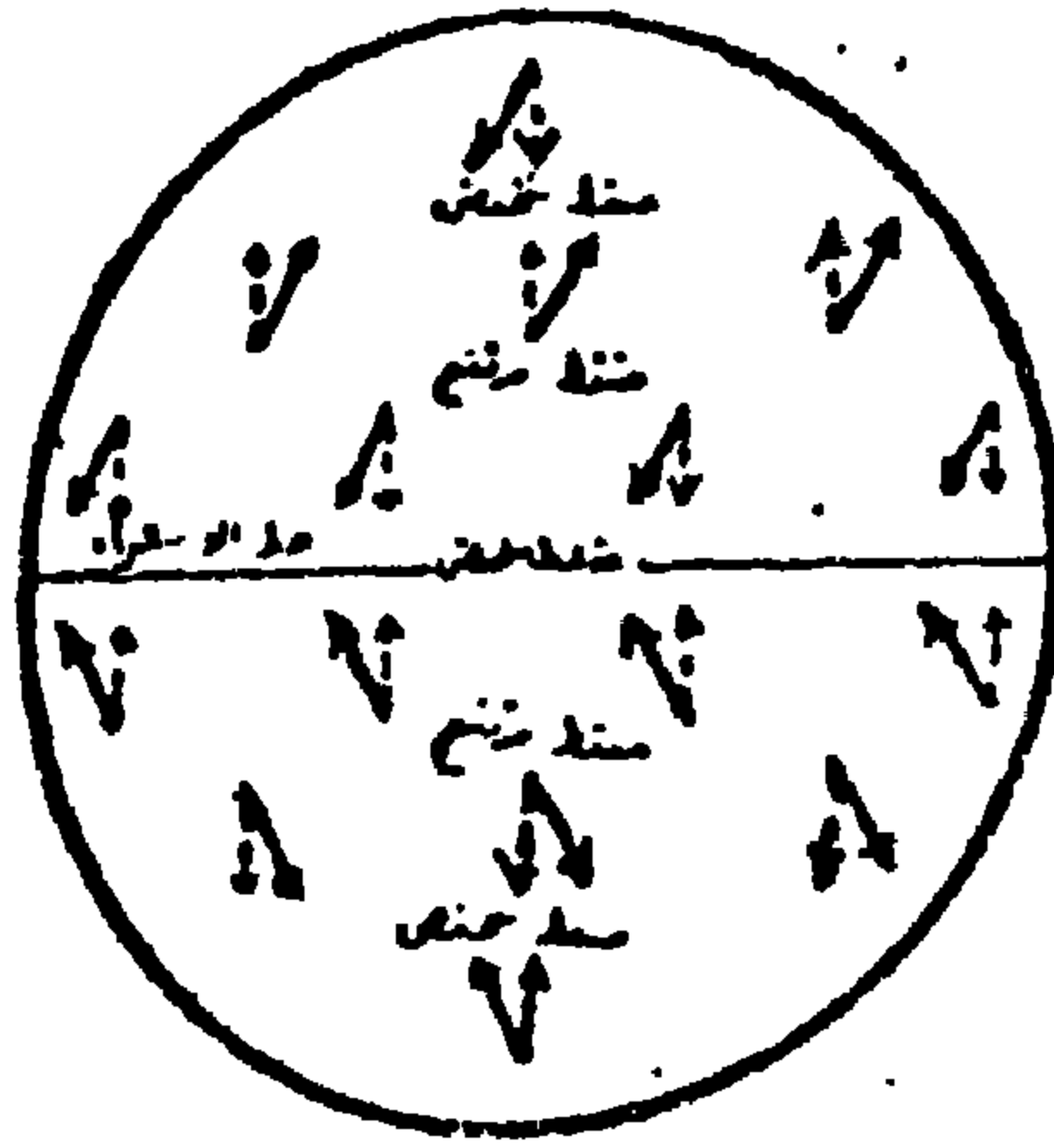
٦ - ١ - تعريف الرياح ونظام هبوبها :

المقصود بالرياح هو الحركة الطبيعية للهواء سواء أكانت بطيئة أو سريعة ،
والعامل الرئيسى لهبوب الرياح هو اختلاف الضغط الجوى من مكان إلى
آخر . وتهب الرياح دائما من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط
المنخفض القريبة منها ، وتتبع عند هبوبها نظاما ثابتا حيث تنحرف دائما إلى
اليمن من هدفها في نصف الكرة الشمالى وإلى اليسار منه في نصفها الجنوبي على
حسب قانون فيريل Ferrel .

ويحدث هذا الانحراف بسبب التأثير الكوريولى (أو القوة الكوريولية)
Coriolis effect or force ، وهو التأثير الناتج من دوران الأرض حول نفسها
من الغرب إلى الشرق ، وتناقص سرعة دوران محيطها كلما اتجهنا من الدائرة
الاستوائية نحو القطبين . فعلى الدائرة الاستوائية تبلغ سرعة الدوران ١٧٠٠ كم/
ساعة ، ثم تتناقص ناحية القطبين لتصل إلى نصفها تقريبا عند دائرة عرض
٦٠° ثم إلى الصفر عند القطب نفسه .

وبمقتضى هذا الانحراف فإن الرياح العامة في نصف الكرة الشمالى تنحرف
نحو الغرب إذا كانت متجهة نحو خط الاستواء ونحو الشرق إذا كانت متجهة
نحو القطب الشمالى . بينما يحدث العكس في نصف الكرة الجنوبي . (شكل
(٢٣) .

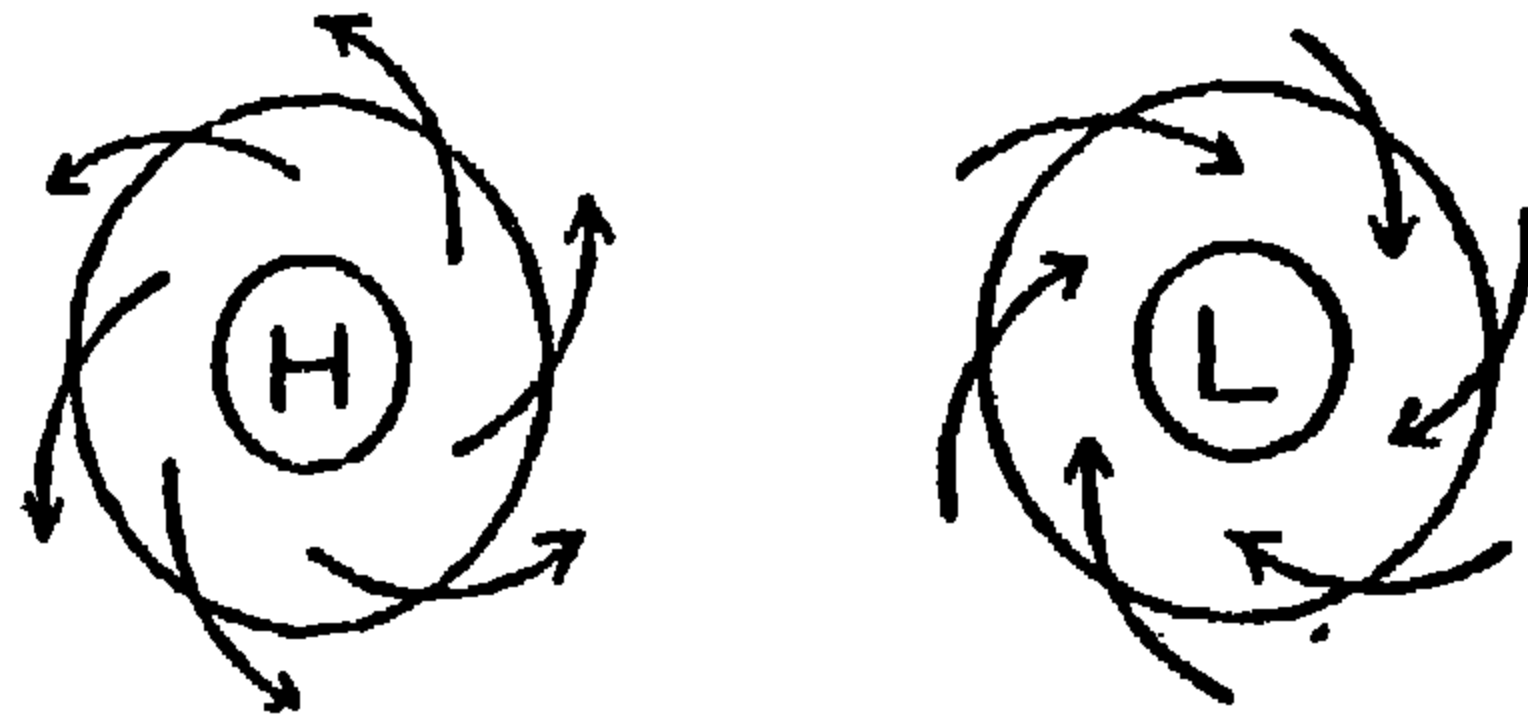
٧ هذا التعبير منسوب إلى اسم الباحث الفرنسى الذى اكتشف هذا التأثير وهو G. Coriolis سنة



شكل (٣٣) انحراف الرياح العامة



خط الاستواء



شكل (٣٤) اتجاه الرياح حول مراكز الضغط المرتفع ومراكز الضغط المنخفض في نصفي الكرة

ويحدث انحراف الرياح بصورة أوسع عند هبوبها حول المرتبات الحوية والمنخفضات الجوية حيث تميل الرياح في نصف الكرة الشمالى للهبوب في اتجاه متفق مع اتجاه دوران عقرب الساعة حول المرتفع الجوى ومضاد له حول المنخفض الجوى ، ويحدث العكس في نصف الكرة الجنوبي (شكل ٢٤) . ونصدق نفس القاعدة عند هبوب الرياح حول مراكز الأعاصير والدوامات الهوائية .

والدائرة الاستوائية هي الدائرية العرضية الوحيدة التي لا تنحرف الرياح عند عبورها لها سواء عند هبوبها من الشمال أو من الجنوب ، وذلك لأن التأثير الكوريولى ينعدم على هذه الدائرة ثم يتزايد كلما ابتعدنا عنها نحو الشمال ونحو الجنوب حتى يصل إلى أقصى عند القطبين .

ويرجع ذلك إلى أن اتجاه التأثير الكوريولى يكون على الدائرة الاستوائية متعامدا على الاتجاه الأفقى للرياح ومتناسبا تناسبا مباشرا مع سرعتها ، ولهذا فإن اتجاه الرياح يكون موازيا لمحور الأرض ، ولكن انحرافها يتزايد كلما اتجهنا نحو القطبين بسبب تزايد تأثير القوة الكوريولية حتى أن اتجاهها يكون عند القطب عموديا على محور الأرض حيث يكون التأثير الكوريولى قد وصل إلى أقصى ويكون انحراف الرياح قد وصل إلى أقصى كذلك .

والواقع أن تأثير القوة الكوريولية لا يقع على الرياح وحدها بل يقع على حركة أى جسم متحرك على سطح الأرض تحركا تلقائيا مثل التيارات البحرية ومياه الأنهار ، فعلى الدائرة الاستوائية يكون اتجاه حركة الجسم موازيا لمحور الأرض ، أما عند القطب فيكون عموديا عليه . وفيما بين هاتين النقطتين يكون اتجاه الحركة متوسطا بين هذين الاتجاهين بدرجة تتناسب مع الدرجة العرضية . حيث يكون الاتجاه هو محصلة حركتين إحداهما موازية لمحور الأرض والثانية عمودية عليه ، وتزايد الأولى كلما اتجهنا نحو الدائرة الاستوائية بينما تزايد الثانية نحو القطبين .

٦ - ٢ - سرعة الرياح :

تتوقف سرعة الرياح على عدة عوامل أهمها : ١ - انحدار الضغط الجوى Pressure gradient ، وهو سرعة تناقص الضغط الجوى نحو مركز الضغط الجوى ، ٢ - الاحتكاك بالسطح الذى تهب عليه الرياح Friction ، ٣ - قوة الطرد المركزية حول مركز المنخفض الجوى .

ويعتبر انحدار الضغط الجوى العامل الرئيسى الذى يؤدى إلى بدء تحرك الرياح ، وكلما كان هذا الانحدار شديداً كانت سرعة الرياح أكبر ، ويمكن توضيح هذا الانحدار بواسطة خطوط الضغط المتساوى ، فكلما كانت هذه الخطوط متقاربة وكان الفرق بين قيمة كل خط منها والخط الذى يليه كبيراً كان هذا دليلاً على شدة انحدار الضغط ، وذلك بصورة مشابهة لما تدل عليه الخطوط الكنتورية التى ترسم لتوضيح شدة انحدار سطح الأرض . ويبلغ انحدار الضغط الجوى أشده فى الأعاصير التى تصاحبها عادة رياح مدمرة .

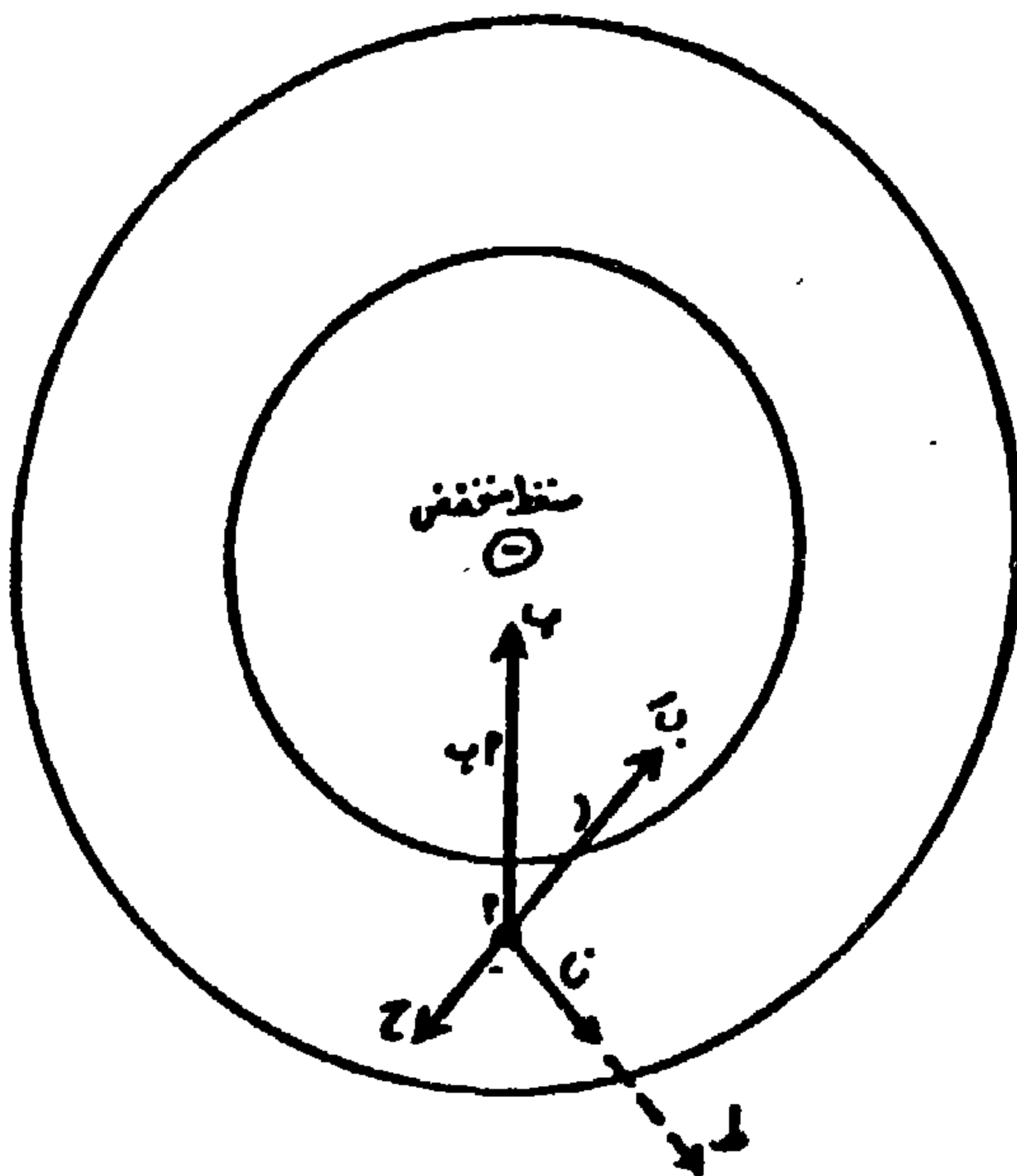
وعندما يؤدى انحدار الضغط الجوى إلى بدء تحرك الرياح فى اتجاه مركز الضغط المنخفض فإن القوة الكوريولية تؤدى إلى انحرافها إلى اليمين فى نصف الكرة الشمالى وإلى اليسار فى نصفها الجنوبى ، وبأخذ انحرافها فى التزايد حتى يصبح هبوبها موازياً لخطوط الضغط المتساوى ، أى يصبح عمودياً على اتجاه انحدار الضغط الجوى ، وعندما تكون خطوط الضغط المتساوى ممتدة بشكل أقواس أو دوائر فإن قوة الطرد المركزية تعمل على إبقائها بعيدة عن مركز المنخفض . مع ملاحظة أن تأثير القوة الكوريولية ينحصر فى انحراف الرياح وأنها لا تتدخل فى سرعتها .

أما عامل الاحتكاك فإنه يؤدى عموماً إلى إضعاف سرعة الرياح . ويظهر تأثيره فى الطبقة الملاصقة للسطح وتتوقف قوته على طبيعة هذا السطح ودرجة خشونته ومدى استوائه أو تعقده ، والاختلافات الحرارية المحلية التى توجد

عليه بين موضع وآخر . فكل هذه العوامل يمكن أن تؤثر على حركة الهواء فتؤدي إلى عدم انتظامها ، وهذه الحالة هي التي يطلق عليها اسم الاضطراب Turbulence ، أى اضطراب حركة الهواء ، وفيها يتعرض الهواء للسكون لفترات قصيرة تتعاقب معها هبات سريعة أو دوامات هوائية .

وهيكون تأثير الاحتكاك على سرعة الرياح أضعف على المسطحات المائية وغطاءات الجليد منه على الأرض ، وخصوصا إذا كانت غير مستوية ، أو كانت مغطاة بالغابات أو المباني .

وحيثما يكون تأثير الاحتكاك قويا فإنه لا يقتصر على إضعاف سرعة الرياح ، بل يؤدي كذلك إلى إضعاف القوة الكوريولية وقوة الطرد المركزية ، ونتيجة لهذا فإن الرياح لاتسير موازية لخطوط الضغط المتساوي بل تقطعها عند تحركها حول مركز الضغط المنخفض وذلك بزوايا تتناسب مع قوة الاحتكاك .



- أ = نقطة عند الضغط المرتفع
- ب = مركز الضغط المنخفض
- ن = تأثير قوة الانحراف الناتجة عن التأثير الكوريولي
- ط = تأثير قوة الطرد المركزية
- ح = تأثير قوة احتكاك الهواء بسطح الأرض
- د = المحصلة النهائية لاتجاه الرياح السطحية إلى نقطة ب

شكل (٢٥)

القوى التي تؤثر في سرعة الرياح واتجاهها نحو مراكز الضغط المنخفض في نصف الكرة الشمالي

النظام اليومي لسرعة الرياح :

بنفس النظر عن التغيرات التي تطرأ على الرياح العامة سواء على النطاق المحلى أو النطاق العام فإننا نلاحظ أن هناك نظاما يوميا لسرعة الرياح فى الطبقة الملاصقة لسطح الأرض . فهى تبلغ أقصى سرعتها عادة بعد الظهر ثم تناقص السرعة كلما تقدم المساء ، وتستمر فى تناقصها أثناء الليل حتى تبلغ حدها الأدنى قبيل شروق الشمس ، ثم تأخذ فى التزايد بعد ذلك .

وترجع زيادة سرعة الرياح أثناء النهار عند سطح الأرض إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى حدوث تبادل هوائى بين سطح الأرض الذى يتمدد الهواء الملاصق له وتحدث فيه حركة تصعيد بسبب الحرارة وبين المستويات الجوية الأعلى التى يهبط هوائها ليحل محل الهواء الصاعد . ونظرا لأن الهواء الهابط يكون آتيا من طبقات تتميز بسرعة رياحها فإنه يحافظ إلى حد ما على سرعة حركته مما يؤدي إلى ازدياد سرعة الهواء المجاور لسطح الأرض ، بينما يؤدي الهواء الصاعد على العكس من ذلك إلى تقليل سرعة الرياح العليا بسبب قلومه من مستوى يتميز بهبط حركة هوائه .

أما أثناء الليل فإن الهواء المجاور لسطح الأرض يبرد وتزداد كثافته ولهذا فإنه يميل للاستقرار ، ويساعده هذا الاستقرار بالإضافة إلى احتكاكه بسطح الأرض على عدم التحرك مع الرياح التى تتحرك بسرعة أكبر فى المستويات الأعلى والتى كان من الممكن أن تجره معها بسهولة فى حالة عدم استقراره وعدم احتكاكه بسطح الأرض .

— قياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها وتوضيحها :

تقاس سرعة الرياح بواسطة الأنيمومتر Anemometer^(١) وتحسب عادة بالعقدة في الساعة . والعقدة Knot ترادف ما يسمى بالميل البحري Nautical Mile ، وهو المسافة التي تشغلها الدقيقة الواحدة على خط الاستواء أو على أحد خطوط الطول ، وهي تساوي ١,١٥ ميل قياسي أو ١,٨٤ كيلومتر . والعقدة هي الوحدة التقليدية المستخدمة في تحديد سرعة السفن منذ عهود الملاحة الشراعية ، ولهذا فقد استخدمت كذلك لقياس سرعة الرياح . ومع ذلك فإن سرعة الرياح تحسب في بعض الإحصاءات المناخية بالكيلومتر أو الميل في الساعة .

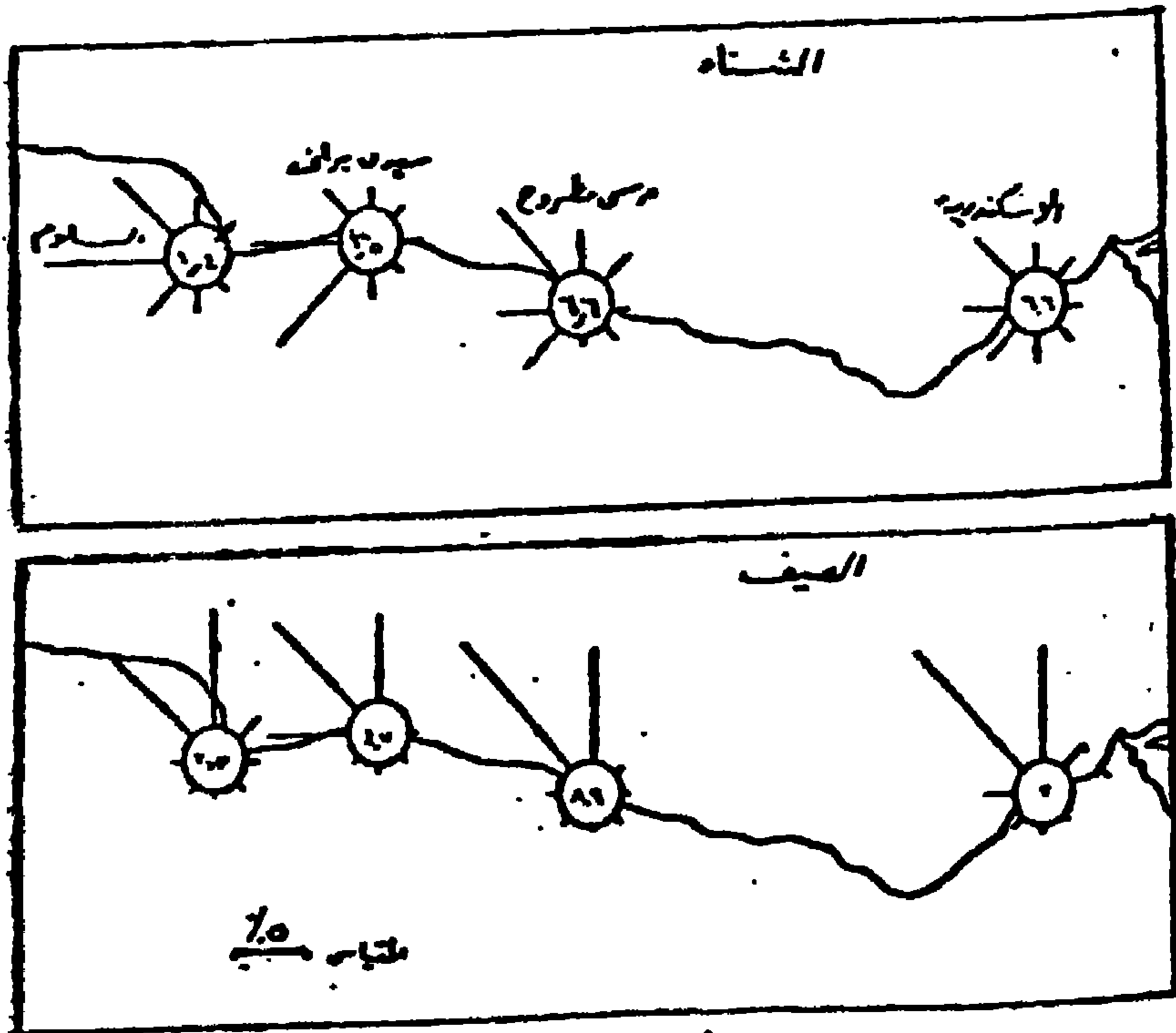
أما اتجاه الرياح فيحدد بواسطة دوار الرياح Wind Vane، وتوجد منها عدة أنواع تشترك في أنها تحدد اتجاه الرياح بواسطة ذراع يسهل تحريكه أفقياً بواسطة الرياح ، ويدل اتجاه مقدمته على الاتجاه الذي تهب منه الرياح .

والطريقة التقليدية لتوضيح اتجاه الرياح على الخرائط المناخية هي الأسهم التي يمكن أن ترسم بسمك وطول واحد ، أو ترسم بطول وسمك يتناسبان مع مرات هبوب الرياح ، وهي طريقة تستخدم أحياناً عند رسم الخرائط المناخية لتوضيح الاتجاهات التي تهب منها معظم الرياح ، على حسب المعدلات الشهرية أو السنوية في مناطق واسعة . أما عند تحليل إحصاءات الرياح الخاصة بمحطة أو أكثر من محطات أى منطقة فتوضح النسب المئوية للاتجاهات التي تهب منها الرياح في كل محطة في الشهر أو الفصل أو السنة بواسطة رسم يائي يطلق عليه اسم « وردة الرياح Wind Rose » . ويمكن رسمها لتوضيح النسب المئوية للاتجاهات الرياح فقط ، وتعرف في هذه الحالة باسم « وردة الرياح البسيطة » ، كما يمكن رسمها لتوضيح النسب المئوية للاتجاهات الرياح والنسب

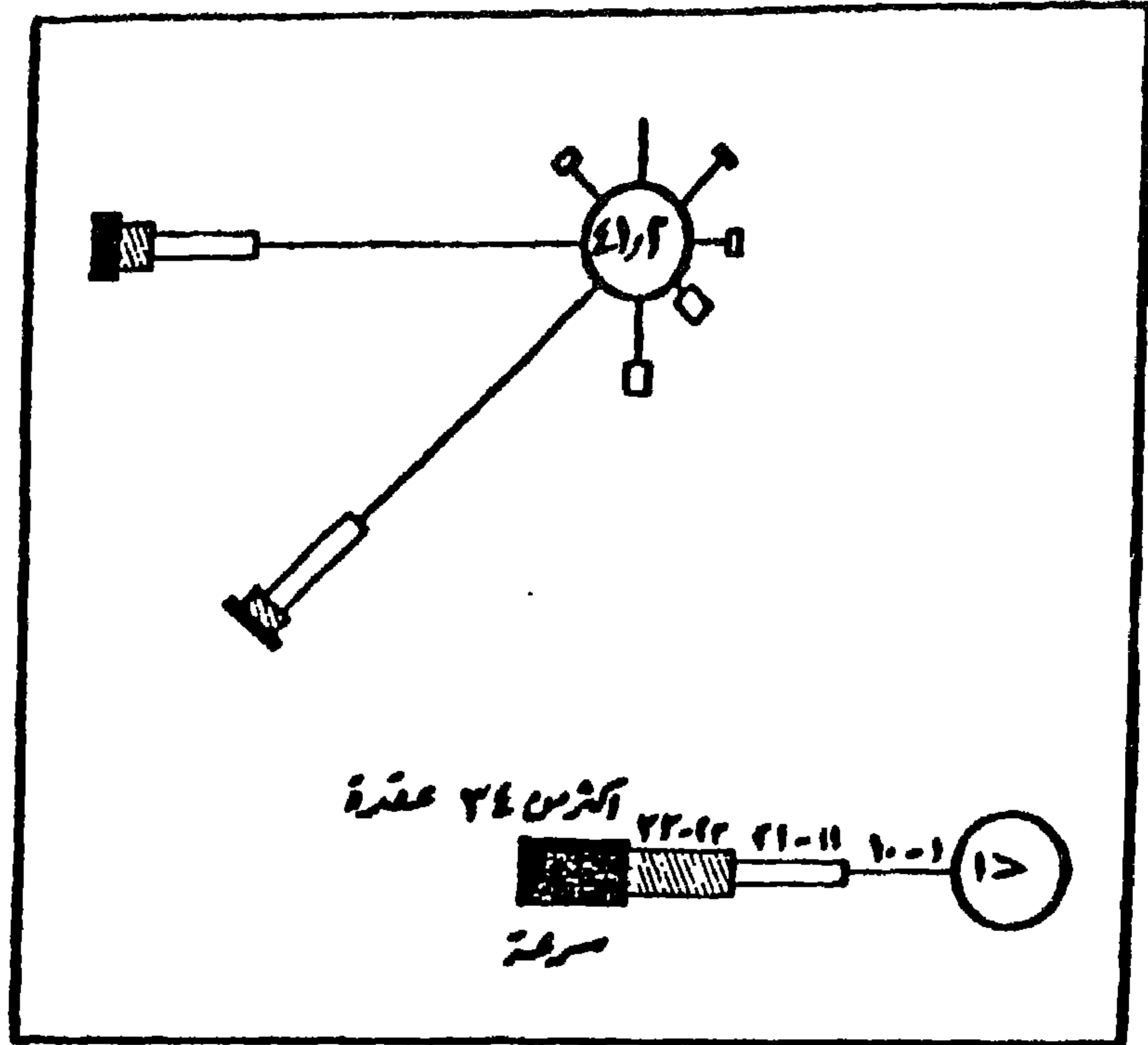
(١) لوصف أجهزة قياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها — راجع عبد العزيز طريح — « المقدمات » —

(مرجع سبق ذكره) ص ٢١٦ و ٢١٧

المثوية للسرعات التي تهب بها رياح كل اتجاه بسرعات معينة . ويطلق عليها في هذه الحالة اسم « واردة الرياح المركبة » ، وتوضع النسب المثوية للاتجاهات المختلفة لهبوب الرياح بخطوط تنفرع من دائرة صغيرة ، وترسم بمقياس رسم معين لتتناسب أطوالها مع النسب المثوية للاتجاهات هبوب الرياح . فإذا ما أريد توضيح السرعات في نفس الشكل فإن السرعات تقسم إلى فئات ، وتحسب النسبة المثوية لكل فئة في كل اتجاه ، وتقسم الخطوط التي تمثل السرعات إلى أقسام تتناسب أطوالها مع النسب المثوية لفئات السرعة . وفي كل الحالتين فإن النسبة المثوية لحالات السكون توضع رقميا في الدائرة الصغيرة المتوسطة (شكل ٢٦ ، ٢٧) .



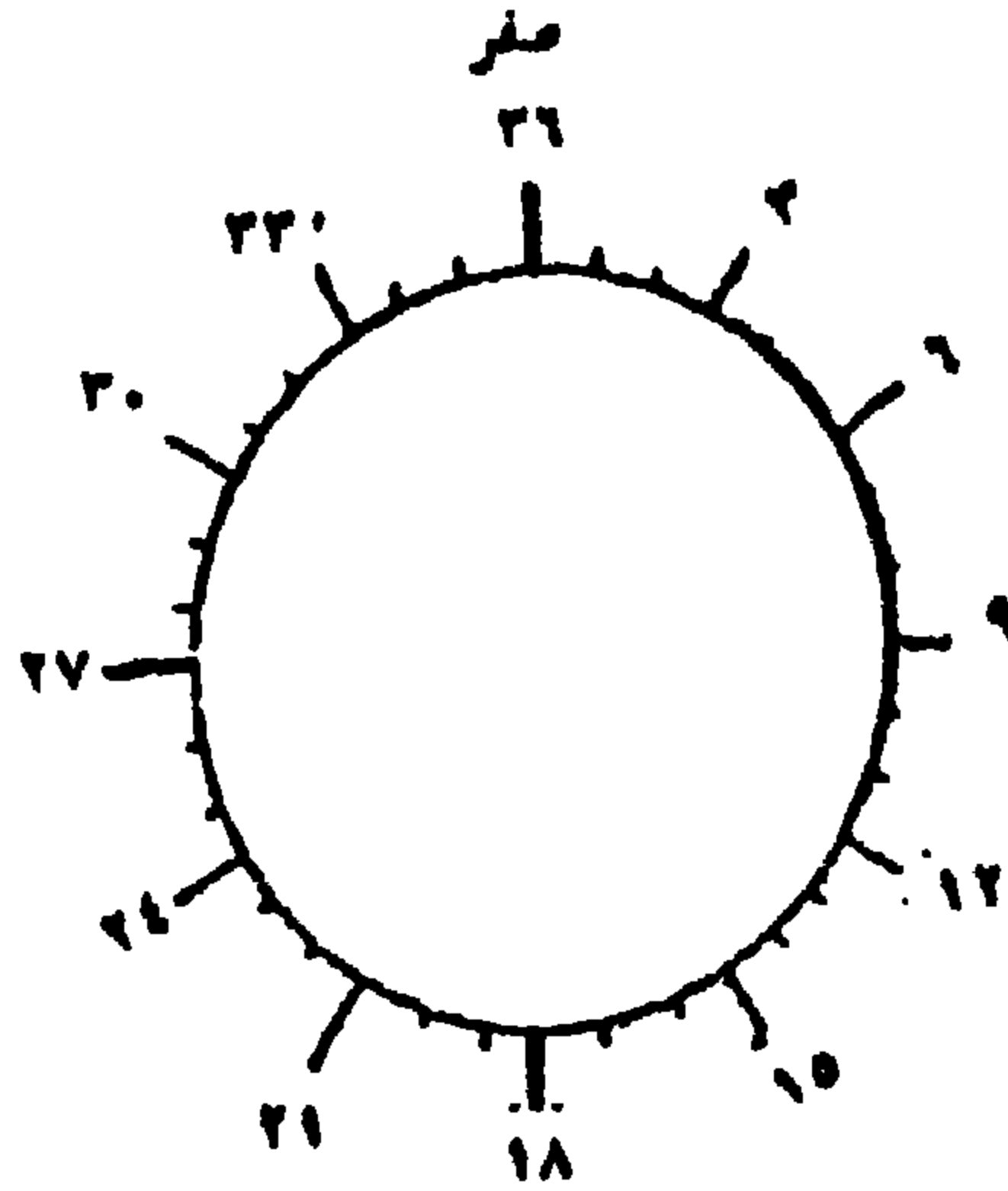
شكل (٢٦) واردة رياح بسيطة لتوضيح نسب هبوب الرياح من الاتجاهات المختلفة في مدن الساحل الشمالي الغربي لمر في الشتاء والصيف



شكل (٢٧) ودة رياح مركبة

وعند تسجيل اتجاهات الرياح في محطات الأرصاد الجوية أو عند تبادل بياناتها بين المحطات المختلفة يحدد الاتجاه بالدرجات التي ينقسم إليها محيط أى دائرة وهى ٣٦٠ درجة مبتدئة بالصفير في الشمال ومتجهة مع اتجاه حركة عقرب الساعة ومنتية بدرجة ٣٦٠° التي تتفق مع درجة البداية وهى درجة الصفير . وتقسم الاتجاهات في بيانات محطات الأرصاد الجوية عادة إلى ١٢ اتجاهًا يفصل كل اتجاه منها عن الاتجاه الذي يليه ٣٠ درجة ، ويرمز له بحرف واحد إذا كان واحداً من الاتجاهات الأربعة الأصلية وهى ش ، ق ، ج ، ع ، وبثلاثة حروف إذا كان اتجاهًا فرعيًا مثل ش ق ، أى شمال الشمال الشرقى ودرجته ٣٠ و ج ش ق أى جنوب الشمال الشرقى ودرجته ٦٠ وهكذا (شكل ٢٨) ، أما في الدراسات المناخية فتتخصص الاتجاهات في ثمانية

فقط يفصل بين كل اتجاه منها والاتجاه الذى يليه ٤٥ درجة مثل ش ودرجته
صفر وش في ودرجته ٤٥ و في ودرجته ٩٠ .



شكل (٢٨) توضح اتجاهات الرياح حول الدائرة بعشرات الدرجات
مع حذف صفر الآحاد في كل رقم للتبسيط

توضيح سرعة الرياح واتجاهها على خرائط الطقس :

ذكرنا أن اتجاه الرياح ومعدلات مرات هبوبها من الاتجاهات المختلفة يمكن
أن توضح برسوم تخطيطية تعرف باسم « وريادات الرياح » . وهى تستخدم
عادة كوسيلة لتوضيح المعدلات الشهرية أو السنوية في محطات معينة ، أما على
خرائط الطقس ، التى ترسم يوميا أكثر من مرة لتوضيح حالة الطقس في
ساعات معينة ، فيوضح اتجاه الرياح في الساعة المعنية بواسطة خط قصير يمثل
الاتجاه الذى تأتى منه الرياح ويتهى على محيط الدائرة المثلثة للمحطة . وفي
حالة السكون ترسم دائرة حول دائرة المحطة . وعند تبادل البيانات الخاصة
باتجاه الرياح أو تسجيلها في الجداول فإن الاتجاه يعين بالدرجات شرق الشمال
الجغرافى ، على اعتبار أن الدائرة مقسمة إلى ٣٦٠ درجة ، وأن الشمال يقع
على درجة صفر أو ٣٦٠ والشرق على درجة ٩٠ والجنوب ١٨٠ والغرب

٢٧٠ . ولكن المتبع في ارسال الاشارات هو قسمة الدرجات على عشرة ، وعلى ذلك تكون درجة اتجاه الشرق هي ٩ ودرجة اتجاه الغرب هي ٢٧ وهكذا (شكل ٢٨) .

أما سرعة الرياح فتوضح على خريطة الطقس بواسطة ريشات «Feathers» ترسم على طرف خط الاتجاه بحيث تكون على جانبه الأيسر (بالنسبة للناظر إلى المحطة) . وتميل عليه بزاوية ١٢٠° . وتمثل كل ريشة كاملة سرعة قدرها ٨ — ١٢ عقدة في الساعة أو زيادة في السرعة بنفس القدر ، أما إن كانت السرعة أو الزيادة قدرها ٣ إلى ٧ عقدات فتمثل بواسطة نصف ريشة ، أما إن كانت بين ٤٨ و ٥٢ عقدة فتمثل بواسطة مثلث يوضع بنفس طريقة وضع الريشات وتكون قاعدته على الخط المثل للاتجاه ، انظر الجدول رقم (٨) .

جدول (٨) الرموز المستخدمة لتوضيح سرعات الرياح على خرائط الطقس

رمز الرياح	السرعة ميل/ساعة	العقدة	رمز الرياح	السرعة ميل/ساعة	العقدة
⊙	مكون	مكون	⏏	٤٤ - ٤٩	٢٨ - ٤٢
—	٤ - ١	١ - ٢	⏏	٥٠ - ٥٤	٤٣ - ٤٧
⏏	٥ - ٨	٣ - ٧	⏏	٥٥ - ٦٠	٤٨ - ٥٢
⏏	٩ - ١٢	٨ - ١٢	⏏	٦١ - ٦٦	٥٣ - ٥٧
⏏	١٥ - ٢٠	١٣ - ١٧	⏏	٦٧ - ٧١	٥٨ - ٦٢
⏏	٢١ - ٢٥	١٨ - ٢٢	⏏	٧٢ - ٧٧	٦٣ - ٦٧
⏏	٢٦ - ٣١	٢٣ - ٢٧	⏏	٧٨ - ٨٣	٦٨ - ٧٢
⏏	٣٢ - ٣٧	٢٨ - ٣٢	⏏	٨٤ - ٨٩	٧٣ - ٧٧
⏏	٣٨ - ٤٣	٣٣ - ٣٧	⏏	٩٠ - ٩٤	٧٨ - ٨٢

٦ - ٣ - أنواع الرياح السطحية :

لما كان الضغط الجوى هو العامل الأساسى المسئول عن هبوب الرياح ، وأنه يتوزع بنظام عام على سطح الكرة الأرضية ، وأنه يتعرض رغم ذلك لتغيرات كثيرة من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر فإن الرياح التى تنج عنه لابد أن تتباين فى الاتجاهات وسرعاتها ومدى انتشارها ومدة هبوبها وخصائصها على حسب التوزيع العام لمناطق الضغط الجوى الرئيسية من جهة وعلى حسب ما يطرأ عليها من تغيرات مكانية أو زمانية أو نوعية من جهة أخرى ، ولهذا فإنها تقسم على أساس هذه التغيرات إلى الأقسام الرئيسية التالية :

أولاً : الرياح العامة ، وهى رياح منتظمة تهب عادة فى نطاقات متسعة وتنقسم إلى :

أ - رياح دائمة تهب بانتظام تقريباً طول السنة وتشمل الرياح التجارية ، والرياح الغربية (العكسية) والرياح القطبية ، وذلك فى المناطق التى لا يتعرض فيها أى منها لتغيرات رئيسية فى اتجاهاتها الأصلية التى يفرضها التوزيع العام لنطاقات الضغط الجوى العامة على سطح الكرة الأرضية .

ب - رياح موسمية تهب بانتظام فى فصول معينة ، وقد يتغير اتجاهها وصفاتها تغيراً كلياً أو جزئياً من فصل إلى آخر ، وسببها هو حدوث تغيرات فصلية أساسية فى الضغط الجوى على اليابس والماء .

ثانياً : الرياح المحلية التى تسببها المنخفضات الجوية (أو أعاصير الأقاليم المعتدلة) ، ويرتبط هبوبها بالجبهات الحارة والباردة لهذه المنخفضات ، وتتميز بصفات خاصة ، ولا يستمر هبوبها إلا لفترات قصيرة لا تزيد غالباً على يومين أو ثلاثة .

ثالثاً - العواصف والأعاصير الدوارة Revolving Storms وهى توجد

بصفة خاصة في العروض المدارية ، وتتميز بأن الرياح تدور فيها بسرعة عالية جدا حول مراكز محددة .

رابعا — الرياح المحلية اليومية ، وهي رياح خفيفة يتغير اتجاهها بين الليل والنهار وأهمها : نسيم البر ونسيم البحر ، ونسيم الجبل ونسيم الوادى .

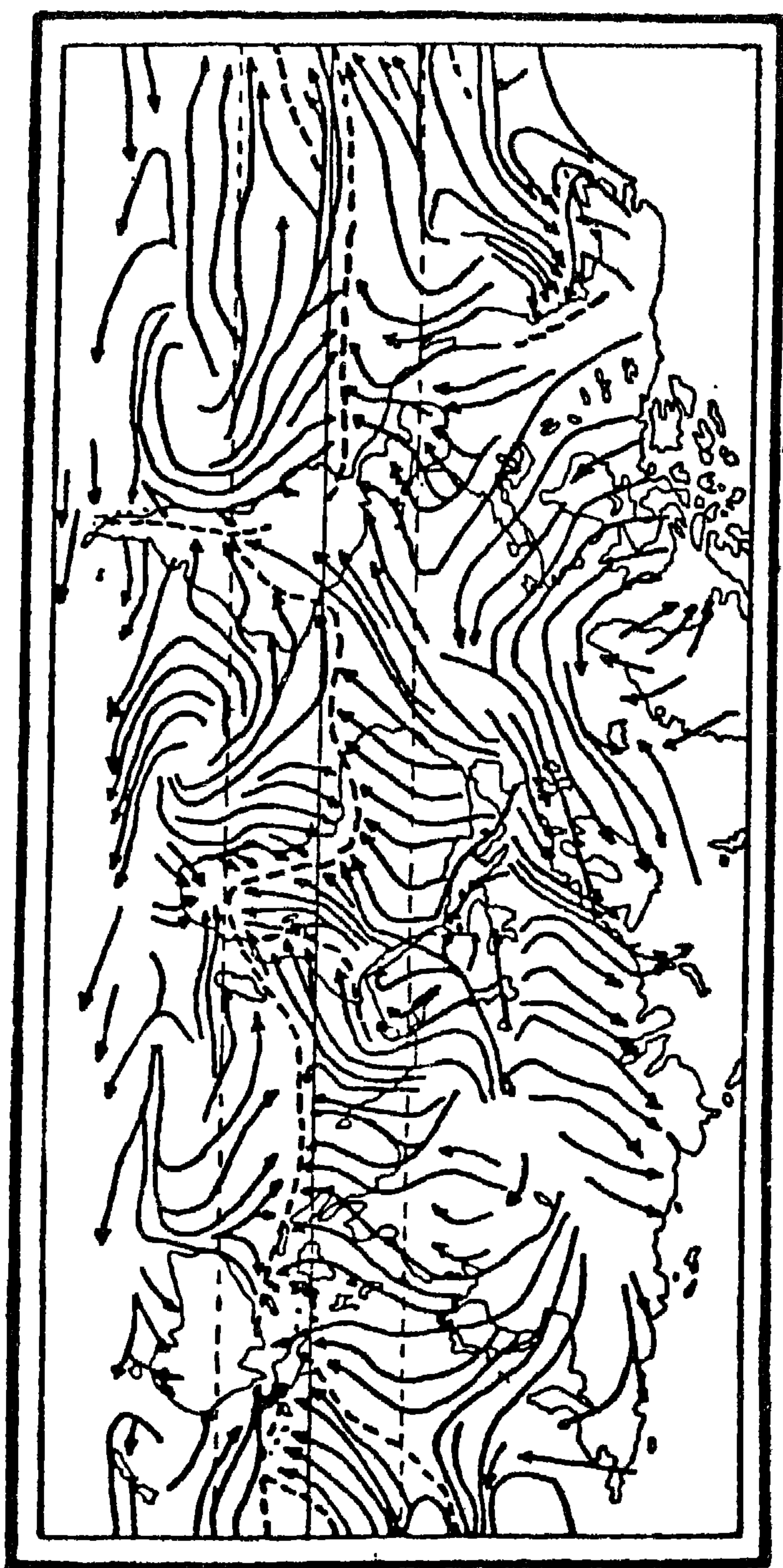
٦ — ٣ — ١ — الرياح العامة :

أ — الرياح التجارية :

المقصود بهذه الرياح هو الرياح التى تهب من مناطق الضغط المرتفع وراء المدارين نحو الضغط المنخفض الاستوائى ، ويكون اتجاهها غالبا شماليا شرقيا في نصف الكرة الشمالى وجنوبيا شرقيا في نصفها الجنوبى ، إلا أن درجة انحرافها تتناقص كلما اقتربت من خط الاستواء .

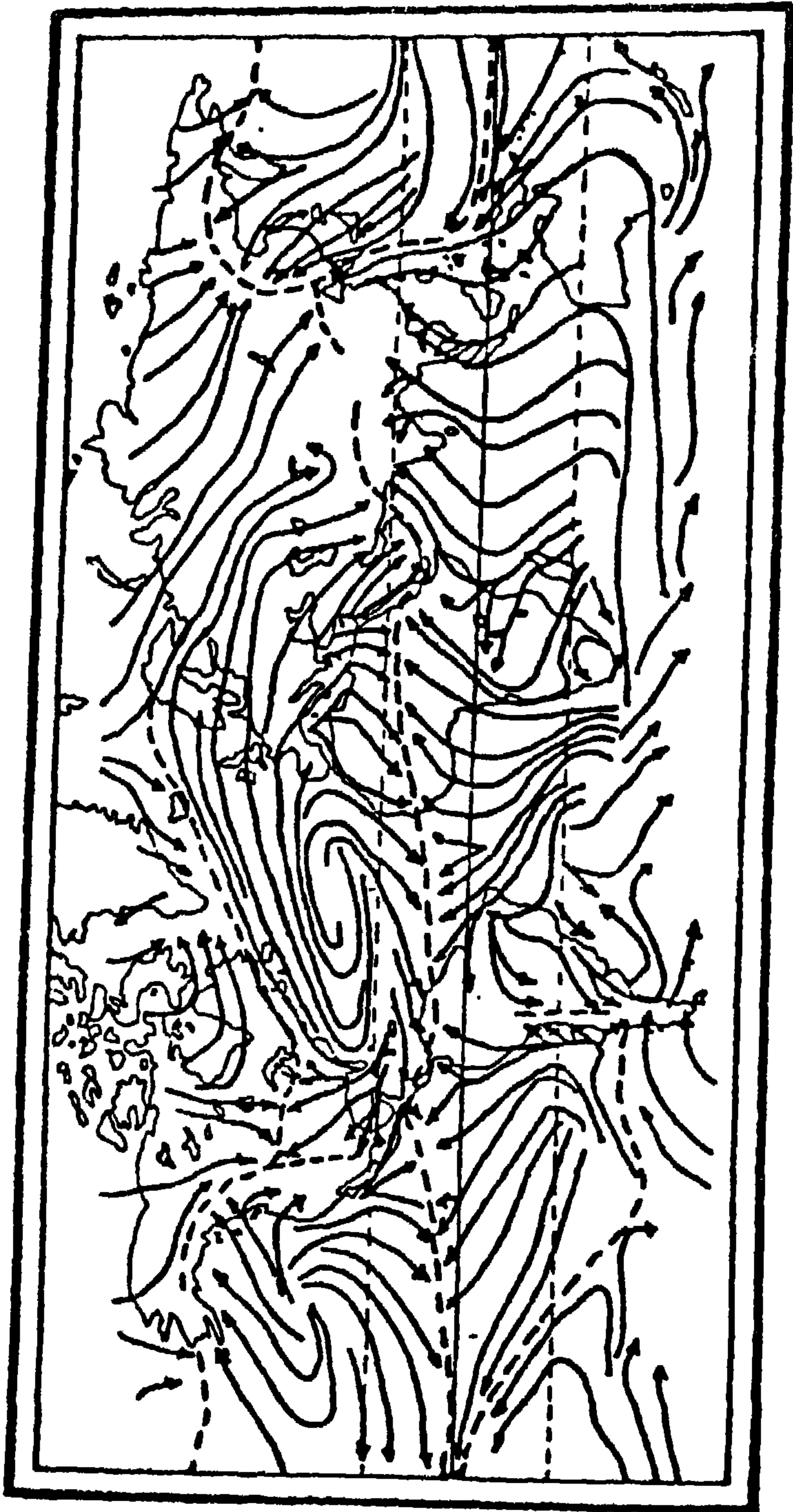
ونظرا لأن نطاقات الضغط العامة تتزحزح شمالا في فصل الصيف (الشمالى) وجنوبا في فصل الشتاء فإن التيارات الجنوبية الشرقية تعبر خط الاستواء في فصل الصيف نحو مراكز الضغط المنخفض الاستوائى التى تقع إلى الشمال منه وتحول بعد عبورها له لتصبح رياحا جنوبية غربية ، ويحدث العكس في فصل الشتاء حيث تعبره التيارات الشمالية الشرقية نحو الجنوب وتصبح رياحا شمالية غربية ، إلا على القارة الإفريقية التى تبقى مراكز الضغط المنخفض الاستوائى عليها واقعة إلى الشمال منه بسبب اتساع القسم الشمالى منها وارتفاع درجة حرارته حتى في فصل الشتاء ، ولهذا فإن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية تستمر في عبورها لخط الاستواء في هذا الفصل ، ولكن نطاق تقدمها نحو الشمال يكون أقل منه في فصل الصيف . (شكل ٢٩ و ٣٠) .

والرياح التجارية هى أكثر الرياح العامة انتظاما ودواما وخصوصا في نصف الكرة الجنوبى وعلى أواسط المحيط الهادى الشمالى ونطاق الصحارى المدارية في شمال إفريقيا وغرب آسيا وغرب المحيط الأطلسى وسهول الأمزون ، وهى تتميز بسرعتها المعتدلة ولكنها تفقد معظم هذه السرعة في نطاق الضغط



شكل (٢٩) الرياح العامة في العالم في فصل الصيف

شكل (٣٠) الرياح العامة في العالم في فصل الشتاء



المنخفض الاستوائى حيث تنشط التيارات الصاعدة وتسود حالات السكون فى الهواء .

وتساعد هذه الرياح عموماً على تلطيف درجة حرارة الصيف فى الأقاليم التى تهب عليها ، وهى أهم أسباب كثرة الأمطار على السواحل الشرقية لآستراليا وجنوب إفريقيا وأمريكا الجنوبية وعلى كل الجزر المدارية بسبب هبوبها من محيطات دافئة . أما على الأجزاء الداخلية والسواحل الغربية فإنها تكون جافة بسبب فقدانها لمعظم رطوبتها على السواحل الشرقية ومرورها على اليابس ، وهذا هو السبب الرئيسى لوجود الصحارى المدارية فى غرب القارات وأهمها الصحراء الكبرى وصحراء كلهارى وصحراء ناميبيا فى غرب جنوب إفريقيا والصحراء الأسترالية والصحارى الحارة فى غرب الأمريكتين .

ب — الرياح الغربية (أو العكسية) : The Westerlies :

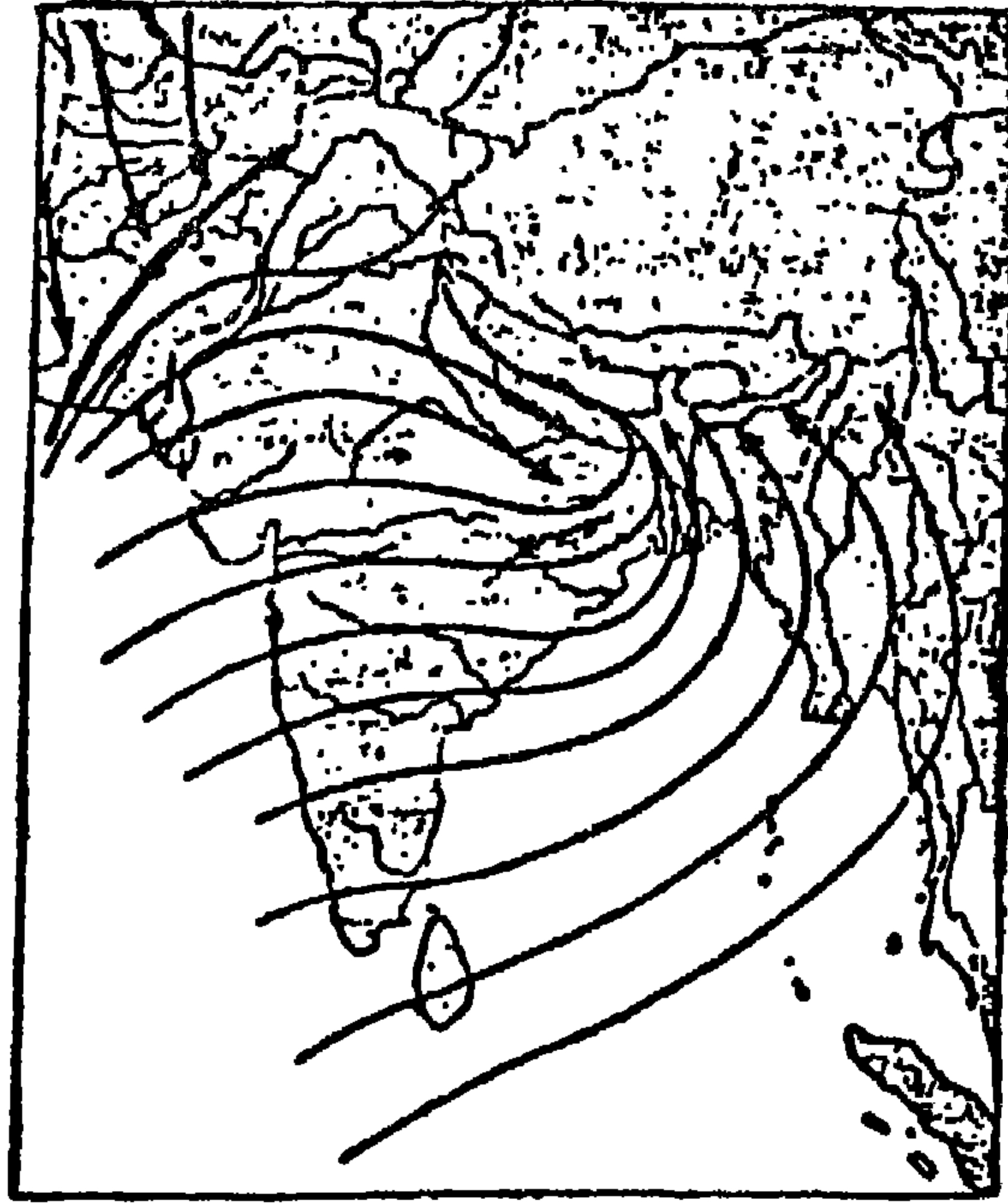
وهى الرياح السائدة فى العروض المعتدلة ، وهى تهب من نطاقى الضغط المرتفع وراء المدارين نحو نطاقى الضغط المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين ويكون اتجاهها السائد معاكساً لاتجاه الرياح التجارية ، ولهذا فإنها تكون غالباً جنوبية غربية فى نصف الكرة الشمالى وشمالية غربية فى نصفها الجنوبى .

وكما هى الحال بالنسبة للرياح التجارية فإن نطاق الرياح الغربية يتحرك نحو الشمال فى فصل الصيف (الشمالى) ونحو الجنوب فى فصل الشتاء تبعاً لحركة الشمس الظاهرية ، والرياح الغربية عموماً أقل انتظاماً من الرياح التجارية بسبب كثرة ما يظهر فى نطاقها من منخفضات جوية تترتب عليها اضطرابات جوية يتغير بسببها اتجاه الرياح وسرعتها وصفاتها بصورة فجائية تقريباً خلال فترات قصيرة ، وتكثر هذه الاضطرابات بصفة خاصة فى نصف الكرة الشمالى بسبب اختلاط الماء باليابس واختلاف الضغط الجوى عليهما ، أما فى النصف الجنوبى فتسود المحيطات ويقل اليابس ، ولهذا فإن هذه الرياح تكون أكثر انتظاماً منها فى الشمال ، خصوصاً فى العروض الواقعة بين خطى عرض

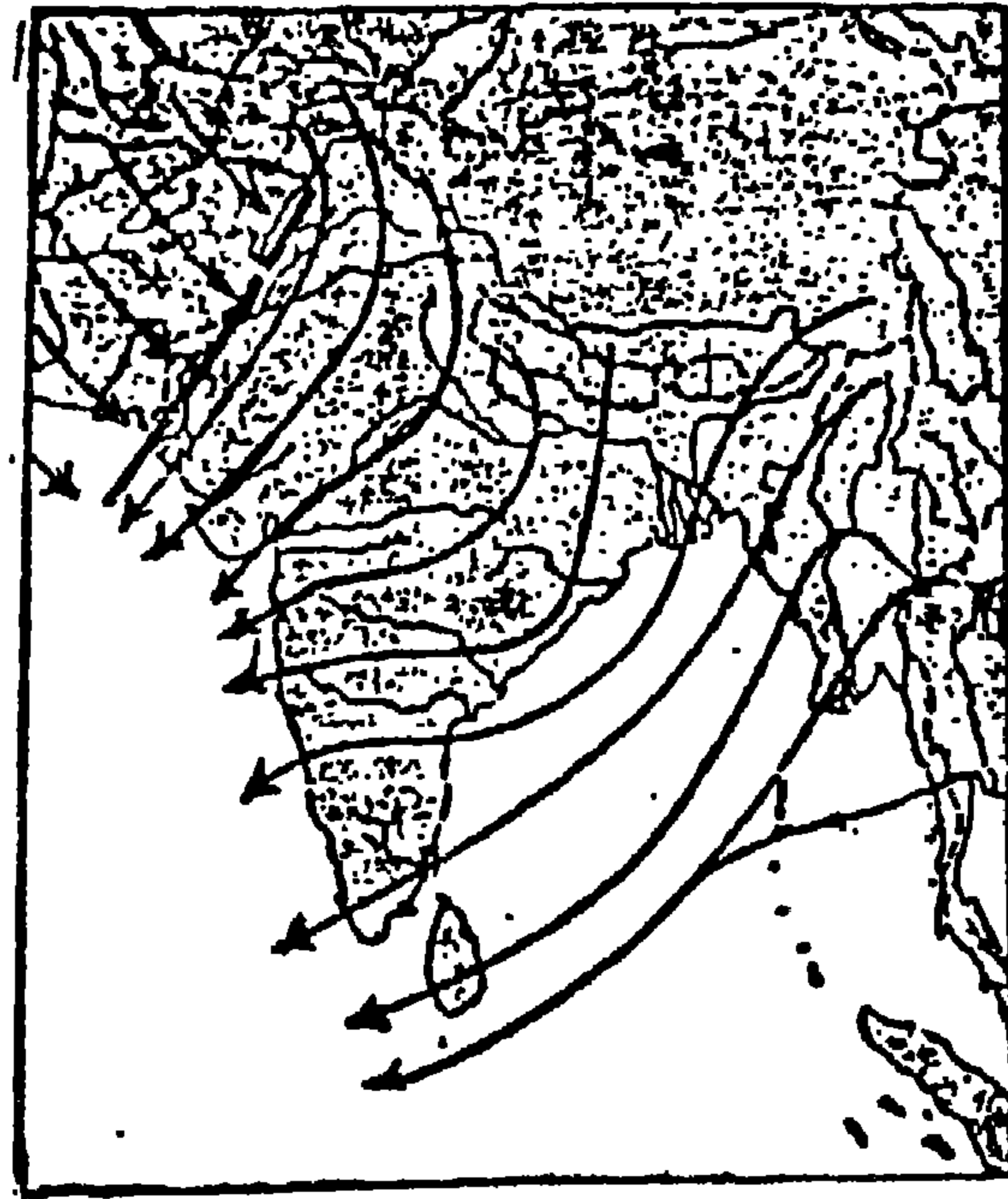
٤٠° و ٥٠° جنوباً ، وقد اشتهرت هذه العروص بين البحارة لهذا السبب
باسم الأربعينيات المزججة (أو الهوجاء) Roaring Forties

جـ - الرياح الموسمية The Monsoons :

المقصود بالرياح الموسمية هو الرياح التي يتغير اتجاهها بين الصيف والشتاء
بسبب اختلاف الضغط الجوي على الماء واليابس ، كما تتغير تبعاً لذلك صفاتها
الأخرى من حيث درجة الحرارة والرطوبة ومايتج عنها من أمطار . والرياح
الموسمية المثالية هي التي يتغير اتجاهها تغيراً يكاد يكون تاماً بين الصيف والشتاء
بحيث ينحرف اتجاهها بمقدار ١٨٠° في الشتاء عنه في الصيف . وينطبق هذا
على معظم الرياح الموسمية التي تهب على الهند وجنوب شرق آسيا وشرقها
وعلى الجزر القارية منها ، وأهمها الجزر اليابانية والفلبين وتايوان والجزر
الإندونيسية . ويرجع هذا إلى عظم اتساع هذه القارة وشدة حرارتها في
الصيف مما يؤدي إلى تكوين منطقة إعصارية (منطقة ضغط منخفض) عظيمة
الاتساع والعمق على أواسطها ، وشدة برودتها في الشتاء مما يؤدي إلى تكوين
منطقة ضد إعصارية (منطقة ضغط مرتفع) عظيمة الارتفاع على نفس
المناطق . ونتيجة لهذا فإن الرياح الموسمية الصيفية تهب نحوها من المحيطين
الهندي والهادي فتسقط كثيراً من الأمطار على كل المنحدرات التي تواجهها ،
أما في فصل الشتاء فتخرج منها الرياح الموسمية الشتوية نحو المحيطين الهندي
والهادي ، وهي رياح جافة شديدة البرودة ، ولهذا فإنها لا تؤدي إلى سقوط
الأمطار إلا على السواحل والجزر التي تصلها بعد مرورها على مسطحات مائية
(شكل ٣١ و شكل ٣٢)



شكل (٣١) اتجاه الرياح على الهند في الصيف



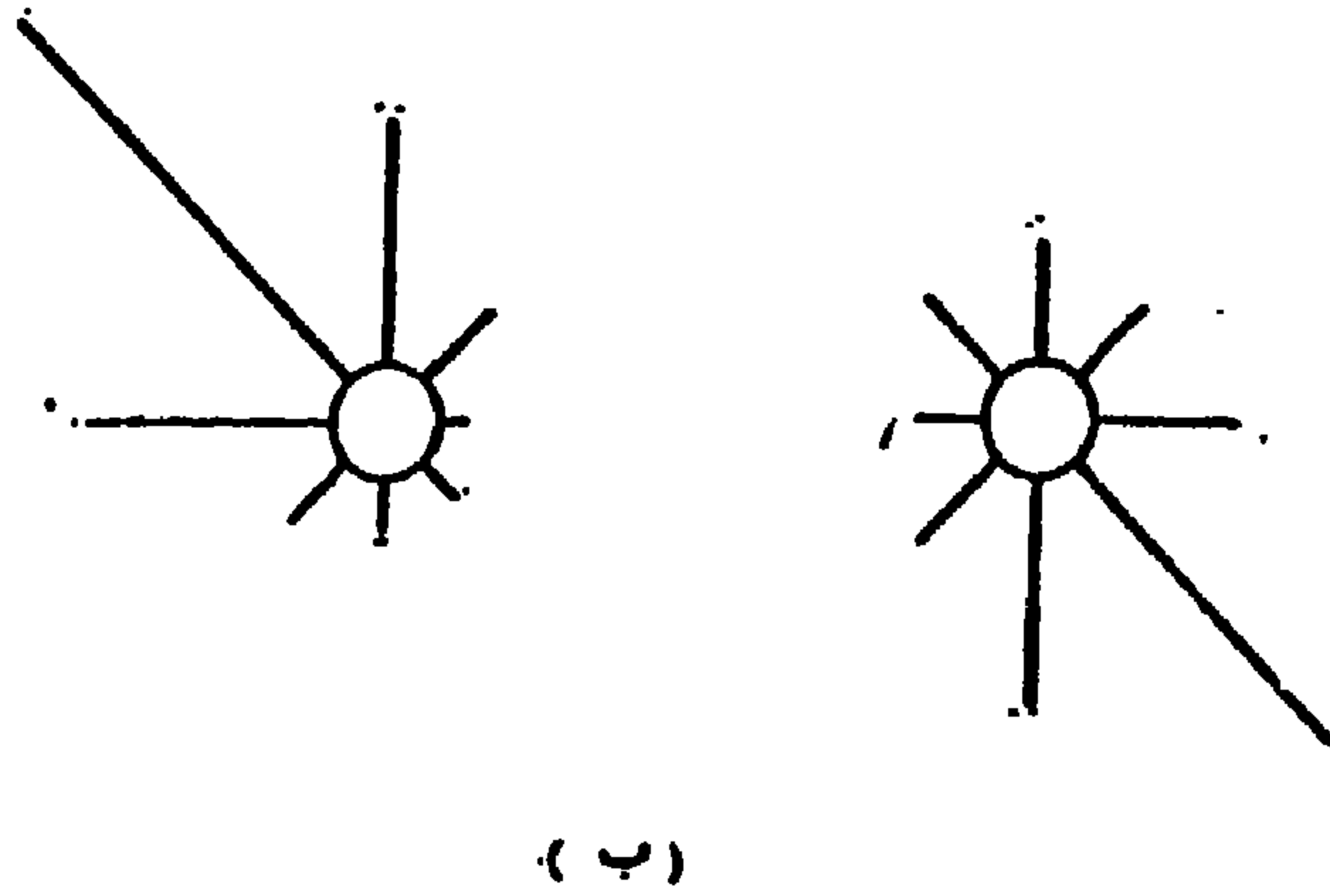
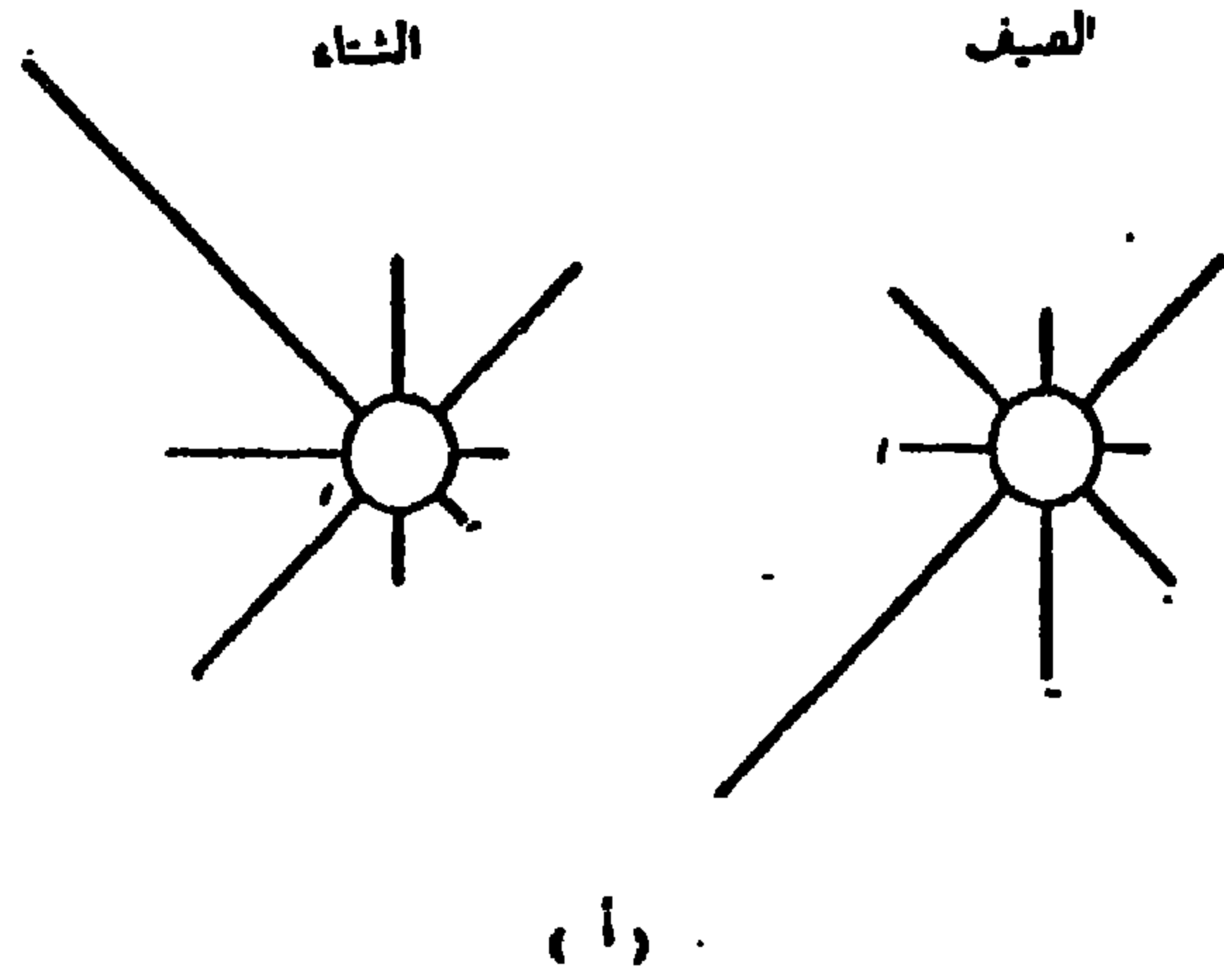
شكل (٣٢) اتجاه الرياح على الهند في الشتاء

وتوجد الرياح الموسمية كذلك على شرق إفريقيا المدارية وخصوصا على الحبشة والصومال والسودان الشرقي وعلى ساحل غانة بغرب القارة وعلى شمال استراليا . كما توجد ولكن بشكل غير كامل على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية إذ أن الفرق بين اتجاه الرياح السائدة عليه في الصيف والرياح السائدة في الشتاء يكون في حدود ٩٠° فقط ، ويرجع ذلك بصفة أساسية إلى صغر هذه القارة بالنسبة لقارة آسيا مما يقلل نسبيا من الفرق بين الضغط الجوي المرتفع عليها في الشتاء والضغط الجوي المنخفض عليها في الصيف ، كما يرجع إلى عدم وجود حواجز جبلية تفصل جنوبها عن شمالها مما يساعد على التقاء الهواء المدارى البحرى القادم من ناحية خليج المكسيك بالهواء القطبى القارى القادم من الداخل ، مما يساعد على كثرة حدوث الأعاصير العنيفة التى تؤدى بدورها إلى كثرة تغير اتجاه الرياح .

وتبين وردات الرياح التى فى شكل (٣٣) كيف تغير الرياح الموسمية السائدة اتجاهها في حدود ١٨٠° على شرق آسيا بين الصيف والشتاء وكيف يكون تغير اتجاهها في حدود ٩٠° فقط على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية^(١) .

٦ - ٤ - الرياح العليا :

تتميز الرياح في المستويات العليا من التروبوسفير بصفة عامة بأنها أسرع وأكثر انتظاما في حركتها واتجاهها من الرياح السفلية التى تتعرض لكثير من الاضطراب بسبب احتكاكها بسطح الأرض وخصوصا إذا كان هذا السطح خشنا وكثير التعقيد . ولهذا فإن الرياح العليا تخضع بصفة أساسية لانحدار الضغط الجوى ولتأثير القوة الكوريولية . ونتيجة لهذا فإن اتجاهها يكون عموديا على اتجاه انحدار الضغط الجوى وموازيا لخطوط الضغط المتساوى ، وبدلا من أن تهب الرياح من الجنوب إلى الشمال أو العكس فإنها تكون غربية



شكل (٣٣) وردات الرياح على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية
(أ) ، وعلى شرق آسيا (ب) وتلاحظ درجة تغير اتجاه الرياح الموسمية على كل منها بين
الصيف والشتاء

في العروض الواقعة بين المدارين والدائرتين القطبيتين، وشرقية في العروض
الواقعة بين المدارين وخط الاستواء . ويطلق على هذه الرياح عموماً اسم
الرياح الجيومستروفية . وتكون سرعتها مرتبطة ارتباطاً مباشراً بانحدار الضغط
الجوى . .

١- التيارات الهوائية النفائية Jet Streams :

١- يطلق هذا التعبير على تيارات هوائية علوية عظيمة السرعة تندفع في مسارات معروفة على ارتفاعات تتراوح بين ٨ كيلومترات و ١٣ كيلومترا في نطاق الرياح الغربية ، وتتراوح سرعتها بين ٥٠٠ و ٦٠٠ كيلومتر في الساعة ، ويبلغ سمك هوائها بضع مئات من الأمتار وعرضها بين ٤٥٠ و ٦٠٠ كيلومتر .

وقد اكتشفت هذه التيارات لأول مرة في سنة ١٩٣٣ وظهرت أهميتها أثناء الحرب العالمية الثانية حيث أنها كانت تؤثر على حركة الطيران ، فكانت تعوق حركة الطائرات التي كانت تواجهها فتوقفها بل وتؤدي إلى تراجعها أحيانا ، بينما كانت تضاعف من سرعة الطائرات التي تسير في نفس اتجاهها .

وتوجد في الوقت الحاضر خرائط مفصلة للتيارات النفائية المعروفة في نصف الكرة الشمالي . ويدل توزيعها على أنها تندفع غالبا على طول الجبهات التي تفصل الكتل الهوائية القطبية عن الكتل الهوائية المدارية ، وأن لها علاقة بحدوث العواصف والأعاصير التي تظهر في العروض المعتدلة . وهي لاتسير غالبا في خطوط مستقيمة بل تتعرج كثيرا وتندفع في تعرجها أحيانا لمسافات بعيدة حتى أنها تندفع أحيانا نحو خط الاستواء ، وخصوصا فوق القارات . وقد لوحظ أنها تكون في فصل الشتاء أسرع وأقل ارتفاعا منها في فصل الصيف ، وأن بعض هوائها قد يندفع إلى أسفل نحو الأرض فيؤدي إلى حدوث اضطرابات جوية عنيفة عند سطح الأرض .

الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية والأعاصير المدارية

٧ — ١

الكتل الهوائية

- ٧ — ١ — ١ — نشأتها وأنواعها .
- ٧ — ١ — ٢ — استقرارها وعدم استقرارها .
- ٧ — ١ — ٣ — أثر الكتل الهوائية في مناخ بعض الأقاليم .

٧ — ٢

المنخفضات الجوية

- ٧ — ٢ — ١ — نشأتها .
- ٧ — ٢ — ٢ — توزيعها واختلاف بعضها عن بعض .
- ٧ — ٢ — ٣ — ظاهرات الطقس التي تصاحبها .

٧ — ٣

الأعاصير والعواصف الدوارة

- ٧ — ٣ — ١ — الفرق بينها وبين المنخفضات الجوية
- ٧ — ٣ — ٢ — نشأتها .
- ٧ — ٣ — ٣ — خطوط سيرها وتوزيعها .
- ٧ — ٣ — ٤ — الترنادو .

الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية والأعاصير المدارية

٧ - ١

الكتل الهوائية

٧ - ١ - ١ - نشأتها وأنواعها :

يطلق تعبير « كتلة هوائية » على أى حجم ضخيم من الهواء يتميز بصفات خاصة تشترك فيها كل قطاعاته ، وخصوصا قطاعاته الأفقية . وتغطي الكتلة الهوائية عادة منطقة شاسعة كما يمتد سمكها إلى ارتفاعات كبيرة .

ولكى تنشأ الكتلة الهوائية لابد أن تتوفر عدة شروط ، أهمها أن يبقى الهواء فوق سطح منطقة متجانسة ذات صفات مناخية متميزة مدة تكفى لأن يكتسب هذا الهواء نفس هذه الصفات . ولهذا فإن أصلح المناطق لنشأة الكتل الهوائية هي السهول الواسعة والمحيطات الواقعة في نطاقات الضغط المرتفع التي يكون هوائها عادة مستقرا . ويطلق على هذه المناطق عموما اسم مصادر الهواء "Source Regions" لأنها هي التي يتوزع منها هواء الكتل الهوائية إلى المناطق الأخرى .

- وتباين الكتل الهوائية فيما بينها تباينا كبيرا في صفاتها المناخية ، وخصوصا في درجة حرارة هوائها ورطوبته على حسب طبيعة المناطق التي تنشأ فيها . وعلى هذا الأساس فإن هذه الكتل تقسم عموما إلى أربعة أقسام رئيسية هي :
- ١ - كتل هوائية قطبية قارية Polar continental (Pc) ، تنشأ على شمال أوراسيا وشمال أمريكا الشمالية ، وتتميز بشدة البرودة والجفاف .
 - ٢ - كتل هوائية قطبية بحرية Polar maritime (Pm) تنشأ على شمال المحيطين

الأطلسي والهادي . وعلى جنوب المحيطات في نصف الكرة الجنوبي ،
وتتميز بشدة البرودة وارتفاع نسبة الرطوبة .

٣ — كتل هوائية مدارية قارية Tropical continental (Tc) وهي تنشأ على
السهول والهضاب في العروض المدارية ، وتتميز بشدة الحرارة
والجفاف ، وأهم مناطقها هي الصحراء الكبرى وغيرها من الصحاري
والهضاب الواقعة في العروض المدارية وشبه المدارية .

٤ — كتل هوائية مدارية بحرية Tropical maritime (Tm) ، وهي تنشأ على
المحيطات في العروض المدارية ، وتتميز بدفء هوائها وارتفاع نسبة
الرطوبة به .

وبالإضافة إلى الكتل الرئيسية السابقة فإن هناك نوعين متميزين من الهواء ،
أحدهما يوجد على المحيطات الاستوائية ، وتتأثر به بعض السواحل المجاورة
ويطلق عليه اسم الهواء البحري الاستوائي maritime Equatorial (mE) والثاني
يوجد على مناطق الثلج الدائم في أقصى الشمال وفي القارة القطبية الجنوبية في
الجنوب ويرمز له بالرمز Arctic (A) في الشمال و Antarctic (AA) في الجنوب .

٧ — ١ — ٢ — استقرار الكتل الهوائية وعدم استقرارها :

المقصود باستقرار الكتلة الهوائية هو خلوها من أي اضطرابات جوية ،
وتوصف في هذه الحالة بأنها مستقرة Stable ، أما إذا كانت مصحوبة ببعض
الاضطرابات فإنها توصف بعدم الاستقرار Unstable . ويحدث الاستقرار عادة
إذا انتقل هواء دافئ إلى منطقة سطحها بارد فعندئذ يبرد هذا الهواء من طبقاته
السفلى ويميل للهبوط والاستقرار . أما عدم الاستقرار فيحدث إذا انتقل هواء
بارد إلى منطقة سطحها دافئ حيث أنه يسخن في طبقاته السفلى وتحدث به
تيارات صاعدة يترتب عليها حدوث بعض الاضطرابات الجوية مثل العواصف
الترابية والعواصف الرعدية .

والعامل الرئيسي الذي يؤدي إلى تحرك الهواء وانتقاله من مصادره إلى مناطق

أخرى هو التغيرات التى تطرأ على الضغط الجوى من وقت إلى آخر سواء على نطاق إقليمي واسع أو على نطاق محلي ، حيث ينتقل الهواء دائما من مناطق الضغط الجوى المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض وتتوقف سرعته ومدى انتشاره على توزيع مناطق الضغط المختلفة وعلى شدة تدرج الضغط الجوى فى هذه المناطق . وكثيرا ما تؤدي تغيرات الضغط إلى انتقال الهواء من مصادره إلى مناطق تبعد عنها عدة آلاف من الكيلومترات حيث يحمل إليها كل صفاته المناخية تقريبا ، ولكن نظرا لطول الرحلة فإن هذه الصفات تتعدل ببطء فى الطبقات السفلى من الهواء ، وخصوصا إذا مر أثناء انتقاله على مناطق ذات صفات مختلفة اختلافا واضحا عن صفات مناطق نشأته ، ويحدث هذا على سبيل المثال إذا مر الهواء القارى الخارج من اليابس على سطح مائى ، حيث أنه يحمل بعض الرطوبة التى قد تؤدي إلى تكون الضباب ، أو إلى سقوط المطر على المنحدرات التى تقابله .

ويتوقف تأثير الهواء على الأحوال الجوية على صفاته الأصلية من ناحية ثم على الفرق بين هذه الصفات وصفات المناطق التى يصل إليها من ناحية ثانية ، فإذا كانت درجة حرارته أقل من درجة حرارة هذه المناطق فإنه يسخن فى أجزائه السفلى وتحدث به تيارات صاعدة تؤدي إلى حدوث حالة عدم استقرار به ويرمز له بالحرف K ، أما إذا حدث العكس وكانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة المنطقة التى يصل إليها فإنه يبرد فى أجزائه السفلى ويميل إلى الاستقرار ، ويرمز له بالحرف w . والحرف K هو الحرف الأول من كلمة Kalt الألمانية ومعناها بارد ، والحرف w هو الحرف الأول من كلمة warm ومعناها دافئ . ويوضع أى رمز من هذين الرمزتين بجانب الرمزتين الأصليين اللذين يبينان النوع الرئيسى للهواء من أجل تحديد صفاته بصورة أوضح ، فالهواء المدارى القارى المستقر مثلا يكون رمزه Tcw أما الهواء المدارى القارى غير المستقر فيكون رمزه Tck وهكذا .

٧ - ١ - ٣ - أثر الكتل الهوائية في مناخ بعض الأقاليم :

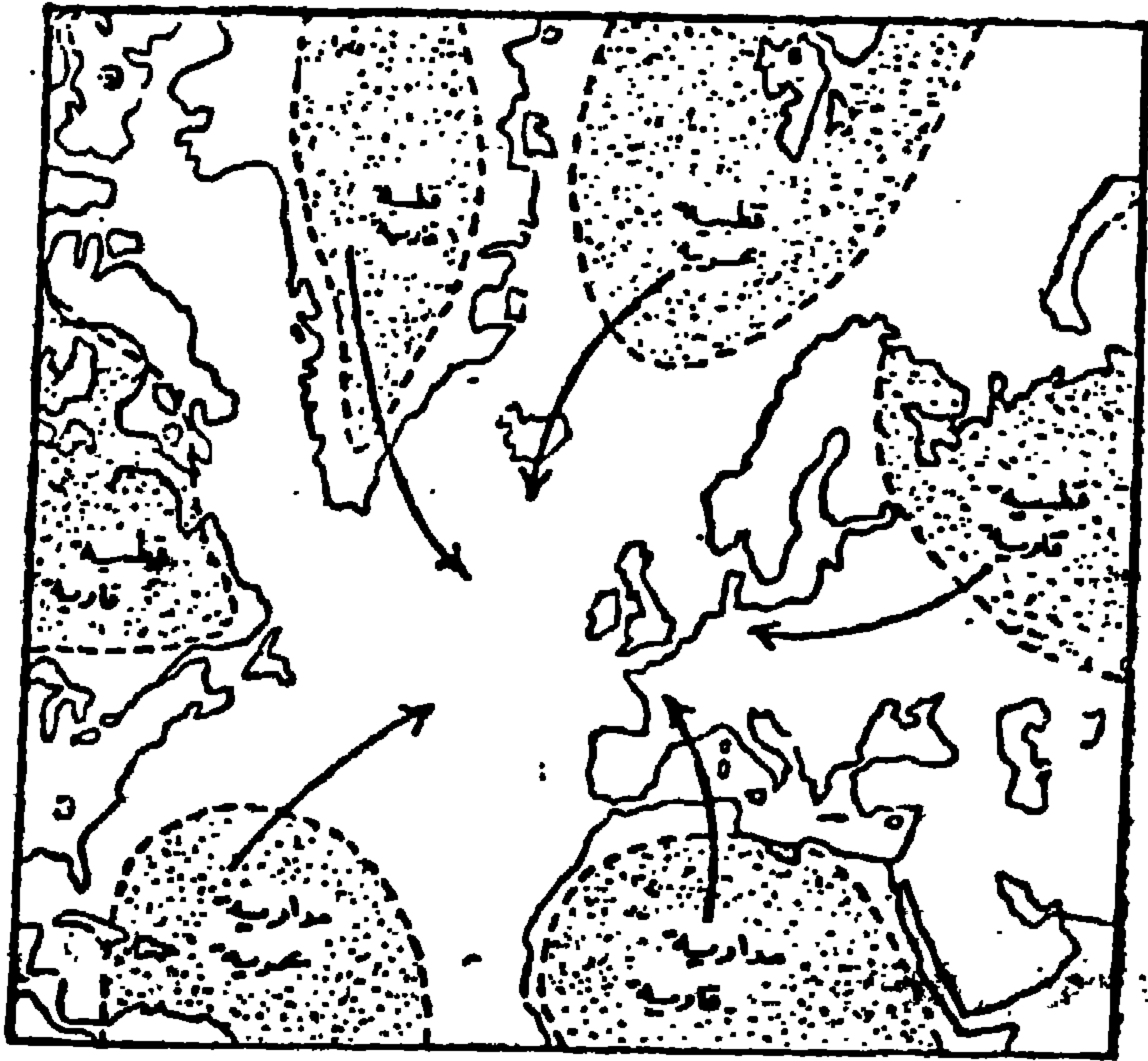
تعتبر الكتل الهوائية عاملا رئيسيا من العوامل التي تتحكم في مناخ أى منطقة وفي أحوالها الجوية ، ولهذا فقد أصبح من المهم ، عند دراسة مناخ أى منطقة معرفة نوع الهواء الذى يؤثر في مناخها والمصادر التى يأتي منها وصفاته المناخية وخصوصا من حيث درجة الحرارة والرطوبة .

ويتوقف تأثير الكتل الهوائية على مناخ الأقاليم المختلفة على عدة عوامل أهمها : موقع الإقليم بالنسبة للمناطق التى تنشأ فيها الكتل الهوائية المختلفة ، ثم تغير نظام الضغط الجوى من فصل إلى آخر ، فهناك مثلا أقاليم تخضع طول السنة تقريبا لتأثير نوع واحد من الكتل الهوائية ولا يكاد يصلها في أى فصل من الفصول أى نوع آخر من الهواء ، وينطبق هذا بصفة خاصة على الأقاليم التى تنشأ فيها الكتل الهوائية نفسها ، كما هى الحال في الأقاليم القطبية التى تنشأ فيها الكتل المسماة بهذا الاسم ، ثم الأقاليم الواقعة في نطاق الضغط المرتفع الدائم وراء المدارين ، حيث تنشأ الكتل الهوائية المدارية ، وكذلك المناطق المحصورة بين المدارين ، وهى المناطق التى تخضع طول السنة تقريبا لتأثير الكتل الهوائية المدارية .

ولكن هناك أقاليم أخرى تتأثر خلال فصل معين من فصول السنة بنوع واحد من الكتل الهوائية ، ثم تتأثر في فصل آخر بنوع مختلف تماما عن النوع الأول ، وفي مثل هذه الأقاليم تتغير الأحوال الجوية المناخية تغيرا كبيرا من فصل إلى آخر ، ولكنها مع ذلك تسير على نظام ثابت تقريبا خلال كل فصل على حدة ففي شمال الصين مثلا يتميز فصل الشتاء بوصول هواء قطبي جاف شديد البرودة (CP) مصدره الكتلة الهوائية القطبية القارية التى تنشأ فوق سيبيريا . أما فصل الصيف فيتميز بوصول هواء مدارى بحرى (MT) حار رطب مصدره الكتلة الهوائية المدارية البحرية التى تنشأ فوق المحيط الهادى .

وهناك غير ذلك أقاليم واقعة في مناطق الصراع بين كتل هوائية مختلفة ،

ومثل هذه الأقاليم تتعرض في الفصل الواحد أو حتى في الشهر الواحد ، لغزو أنواع متباينة من الهواء بحيث لا يستمر كل نوع منها إلا لمدة قصيرة ، ثم يتفهر ليحل محله هواء من نوع آخر ، ويترتب على ذلك أن يكون مناخ هذه الأقاليم عرضة للتغير من وقت إلى آخر ، وذلك فضلا عن تعرضه لحدوث كثير من الأعاصير أو المنخفضات الجوية التي تتكون عادة في مناطق التقاء الكتل الهوائية المختلفة الشاة والصفات كما سنرى فيما بعد ، ويعتبر غرب أوروبا ، وخصوصا البلاد الساحلية والجزر البريطانية ، من أحسن الأمثلة لهذا النوع من الأقاليم ، ويبدو هذا واضحا بمجرد النظر إلى الخريطة شكل (٣٤) ففي فصل الشتاء مثلا قد يتعرض غرب أوروبا في أى وقت من الأوقات لوصول هواء مدارى دافئ



شكل (٣٤) الكتل الهوائية التي تؤثر في مناخ
غرب أوروبا

سواء من الكتلة القارية فوق شمال افريقية (CP) أو من الكتلة البحرية المقابلة لها على المحيط الأطلسي (mP) ، ويؤدي وصول هذا الهواء أو ذاك إلى ظهور حالة دفء غير عادية . وفي نفس هذا الفصل قد يتعرض غرب أوروبا كذلك لغزو هواء قطبي جاف (cT) شديد البرودة من شمال أوراسيا ، فيترتب على ذلك حدوث موجات برد قاسية وظهور صقيع شديد يستمر عدة أيام أو أسابيع ، أو لغزو هواء قطبي بحري (mP) رطب شديد البرودة أيضا من الكتل الهوائية التي تنشأ فوق المحيط الأطلسي إلى الشمال من الدائرة القطبية أو فوق جرينلاند . وبلاحظ أن الهواء الواصل من جرينلاند ، رغم أنه يكون قاريا في أول الأمر ، إلا أن مروره على المحيط قبل وصوله إلى سواحل أوروبا يؤدي إلى تحمله ببعض الرطوبة ، ويصبح أقرب إلى الهواء البحري منه إلى الهواء القاري .

أما في فصل الصيف فإن المناطق الداخلية من كتلة أوراسيا تكون شديدة الحرارة جدا ، ولهذا فإن الكتل الهوائية التي تنشأ فوقها تكون هي الأخرى شديدة الحرارة ، وذلك فضلا عن أنها تكون شديدة الجفاف ، وكثيرا ما يؤدي وصول هوائها إلى السواحل الغربية لأوروبا إلى حدوث موجات حرارية قاسية جدا . وإلى جانب ذلك يتعرض غرب أوروبا في نفس هذا الفصل لوصول هواء قطبي بحري أو قاري يكون غالبا له تأثير ملطف على درجة الحرارة .

وإذا انتقلنا إلى الولايات المتحدة نجد أن ظروفها لا تختلف كثيرا عن ظروف القارة الأوروبية ، وذلك من حيث كونها تتعرض لغزو أنواع متباينة من الهواء ، مما يكون سببا في حدوث تغيرات كثيرة في الأحوال الجوية حتى خلال الفصل الواحد ، ففي فصل الشتاء تتعرض البلاد لحدوث موجات برد غاية في القسوة يكون سببها وصول هواء قطبي جاف (cP) من الكتل التي تتكون في شمال كندا ، وقد تنخفض درجة الحرارة أثناء حدوث هذه الموجات إلى أقل من ٦٠ مئوية . ورغم أن درجة حرارة هذا الهواء القطبي ترتفع تدريجيا كلما ابتعدنا نحو الجنوب فإنه يظل شديد البرودة حتى بعد وصوله إلى سواحل خليج

المكسيك ، وقد يحدث ان تنخفض درجة الحرارة على هذه السواحل إلى مادون درجة التجمد ، إلا أن حرارة هذا الهواء سرعان ما ترتفع بمجرد خروجه من اليابس ومروره على مياه المحيط . ويطلق اسم البليزارد ' Blizzard ' على العواصف النطبية ذات البرودة القاسية التي تتعرض لها كندا والولايات المتحدة ، وكثيرا ما تؤدي هذه العواصف إلى حدوث خسائر مادية كبيرة ، كما تؤدي إلى حدوث كثير من الوفيات .

أما في فصل الصيف فتعرض الولايات المتحدة لموجات حرارية شديدة جدا يكون سببها هو وصول هواء مدارى بحرى (mT) من الكتل المدارية البحرية التي تتكون على المحيطين الأطلسي والهادى فى نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان ، وبعض هذه الموجات الحرارية تكون من الشدة بحيث يترتب عليها حدوث بعض الوفيات بين السكان .

أما مناخ جمهورية مصر العربية خصوصا الجزء الشمالى منها فيخضع لتأثير أربعة أنواع مختلفة من الكتل الهوائية التي تصل منها تيارات هوائية ذات صفات خاصة . ويوضح شكل (٣٥) هذه التيارات وهى :

أ - تيارات قطبية قارية شديدة البرودة جدا مصدرها الكتلة الهوائية القارية فى شمال روسيا ، وهى تصل إلى مصر عن طريق شبه جزيرة البلقان ، وذلك فى مؤخرة المنخفضات الجوية الشتوية ، ورغم أنها تكون جافة فى الأصل فإنها تمتص بعض بخار الماء عند مرورها على البحر المتوسط ، كما أن هوائها يسخن تدريجيا فى طبقاته السفلى لمروره على سطح مياه البحر و سطح مصر الدافئ نسبيا ، مما يؤدي إلى عدم استقرارها ، ويتبع ذلك تكون سحب كثيفة وسقوط بعض الأمطار ، وقد تواصل هذه التيارات سيرها نحو الجنوب وتصل أحيانا إلى السودان حيث تؤدي إلى إثارة زوابع ترابية .

ب - تيارات قطبية بحرية شديدة البرودة تصل إلى مصر فى غصلى الخريف والشتاء عن طريق فرنسا ووسط أوروبا وإيطاليا ، ويؤدي مرورها على مياه

البحر المتوسط الدافئة نسبياً إلى عدم استقرارها فتكون سبباً في إثارة العواصف والأمطار في شمال مصر وقد تصل في هبوبها كذلك إلى السودان ، ومصدر هذه التيارات هو الكتل الهوائية القطبية التي تنشأ فوق شمال المحيط الأطلسي .



شكل (٣٥) الكتل الهوائية التي تؤثر في مناخ مصر

جـ — تيارات مدارية قارية حارة شديدة الجفاف مصدرها الكتل الهوائية المدارية التي تتكون على الصحراء الكبرى وصحاري شبه الجزيرة العربية ، وتصل هذه التيارات إلى شمال مصر في فصل الربيع بصفة خاصة ، وذلك في مقدمة المنخفضات الجوية ، وهي التي يطلق عليها عادة اسم « الخماسين » .

د — تيارات مدارية بحرية مصدرها الكتل المدارية البحرية فوق المحيط الأطلسي ، وتصل هذه التيارات إلى مصر في فصل الربيع عقب مرور المنخفضات الجوية الخماسينية على شكل رياح غربية باردة نسبياً ، لأن المحيط الأطلسي يكون في هذا الفصل أقل حرارة من البحر المتوسط ، ولكنها لا تسبب في غالب الأحيان سقوط أمطار ، وإن كانت تظهر معها بعض السحب المنخفضة والزوايع التراية .

المنخفضات الجوية

ATMOSPHERIC DEPRESSIONS

٧ - ٢ - ١ - نشأتها :

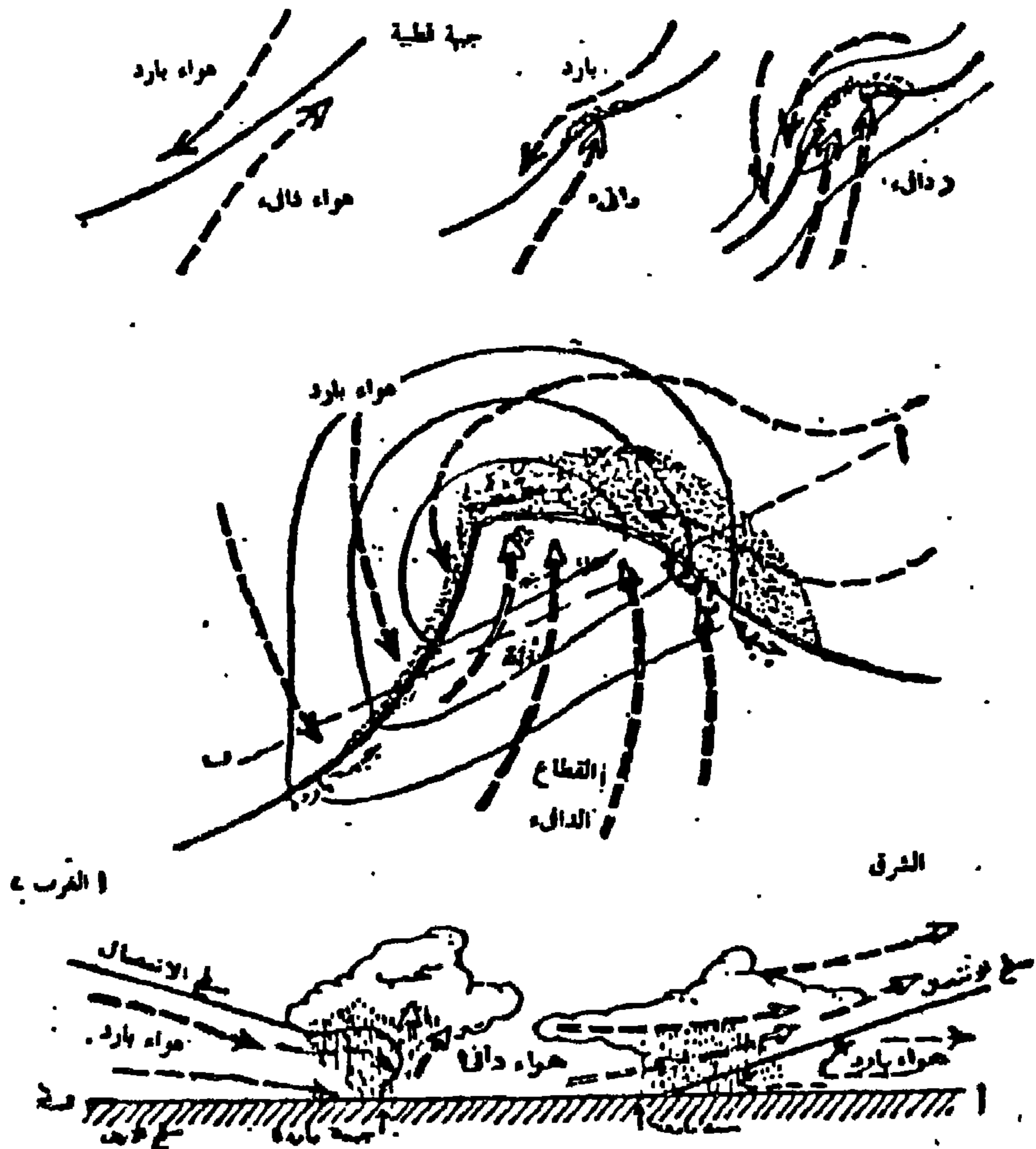
ذكرنا أن الكتل الهوائية بأنواعها المختلفة لا تبقى في مناطق نشأتها إلا لمدة محدودة ، ثم تتقل بعد ذلك وتهاجر أحيانا لمسافات بعيدة ، ولهذا فكثيرا ما يحدث أن تلتقى هذه الكتل بعضها ببعض ، ويحدث هذا الالتقاء غالبا على المحيطات . وذلك على طول جبهات تتفق إلى حد كبير مع نطاقات الضغط المنخفض التي تتحرك نحوها الكتل الهوائية من اتجاهات مختلفة .

وعندما تلتقى كتلتان مختلفتان في صفاتها تحدث غالبا اضطرابات جوية تزداد شدتها إذا كان الاختلاف كبيرا بين الكتلتين ، خصوصا في درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحركة الهواء في كل منهما ، كما يحدث عادة عندما تلتقى الكتل الهوائية المدارية بالكتل الهوائية القطبية ، ويؤدي هذا الالتقاء إلى حدوث أعاصير ومنخفضات جوية شديدة العنف في كثير من الأحيان .

ويجب أن نلاحظ أنه عندما تلتقى كتلة هوائية قطبية بأخرى مدارية تظل كل منهما محتفظة بخصائصها وصفاتها ولا يختلط هواء الكتلتين بسهولة ، إلا أن الهواء القطبي البارد يحاول دائما أن يندفع تحت الهواء المداري الدافئ ، لأن الهواء البارد يكون دائما أعظم كثافة من الهواء الدافئ ، ويسمى السطح الذي يفصل بين هواء الكتلتين باسم « سطح الجبهات Frontal Surface » أو « سطح

* يطلق على هذه المنخفضات أحيانا اسم أعاصير « Cyclones » ولكن الاسم الأول هو المفضل استخدامه في الوقت الحاضر ، وذلك نميزا لها عن نوع آخر من الأعاصير التي تظهر في الأقاليم المدارية الحارة ، ومن أشهرها التيفون في بحر الصين والهايكين في خليج المكسيك .

الانفصال Surface of Separation ، فإذا فرضنا أن الأرض ثابتة فإن سطح الانفصال هذا يكون أفقياً ، بمعنى أن الهواء الدافئ يطفو فوق الهواء البارد ، كما يحدث تماماً عندما يتقابل سائلان مختلفا الكثافة ، ولكن بما أن الأرض تدور حول نفسها باستمرار فإن سطح الانفصال يكون مائلاً على المستوى الأفقى بدرجة تتزايد كلما بعدنا عن خط الاستواء ولكنها تبلغ في المتوسط حوالي $\frac{1}{100}$ أى أن سطح الانفصال يرتفع بمعدل وحدة لكل مسافة قدرها ١٠٠ وحدة أفقيه ، ويوضح شكل (٣٦) بصورة تخطيطية كيف يصعد الهواء المدارى الدافئ فوق الهواء القطبى البارد .



شكل (٣٦) المراحل المختلفة التى يمر بها المنخفض الجوى

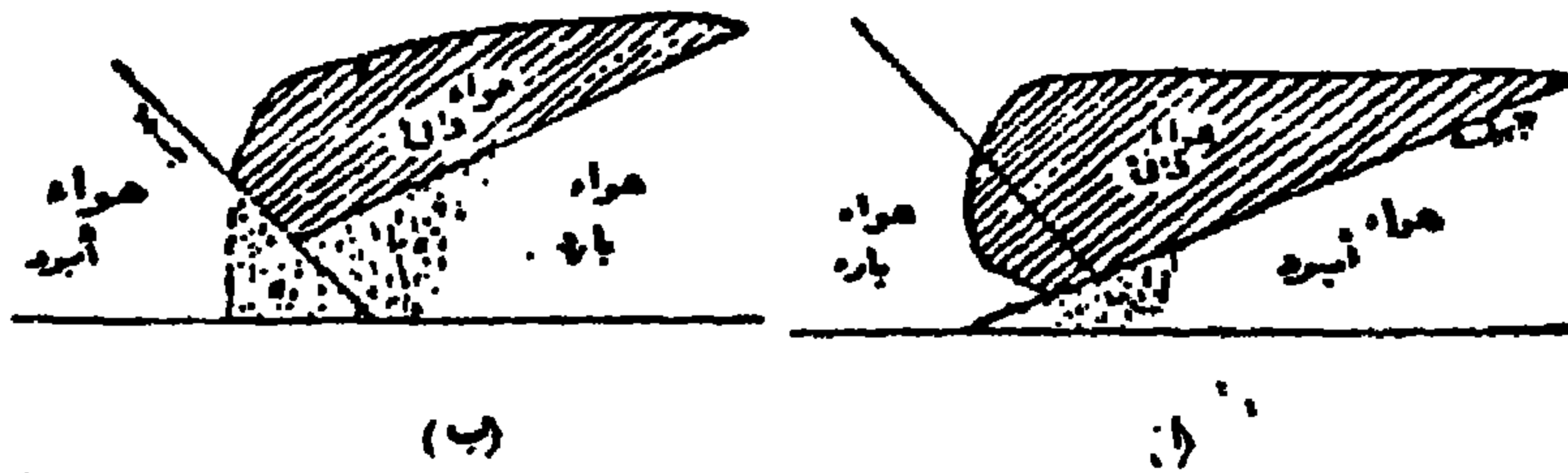
والتقاء كتلتين هوائيتين مختلفتي النشأة والصفات يمكن تشبيهه بالتقاء جيشين متحاربين على طول جبهة واحدة ، فكما يحاول كل جيش أن يفتح صفوف الجيش الآخر فإن هواء كل كتلة من الكتلتين المتضادتين يحاول باستمرار الاندفاع في منطقة هواء الكتلة الأخرى ، إلا أن هواء الكتلة الباردة يظل دائما ملاصقا لسطح الأرض بسبب ثقله النسبي ، أما هواء الكتلة الدافئة فيندفع فوق سطح الانفصال على شكل موجات ، تكون كل موجة منها بمثابة النواة الأولى لأحد المنخفضات الجوية .

وتبدأ الموجة صغيرة في أول الأمر ولكنها لاتلبث أن تكبر وتتوغل فوق سطح الانفصال ، ويؤدي ذلك إلى تكون منطقة من الضغط المنخفض فوق هذا السطح ، فيندفع الهواء البارد نحو هذه المنطقة محاولا الوصول إلى مركزها وذلك في حركة مضادة في اتجاهها لحركة عقرب الساعة ، ولهذا السبب فإن هجومها يكون دائما موجها إلى مؤخرة الموجة الدافئة ، ويطلق على مقدمة الهواء البارد التي تهاجم الموجة الدافئة بهذا الشكل اسم الجبهة الباردة « Cold front » ، أما مقدمة الموجة الدافئة فيطلق عليها اسم الجبهة الدافئة « Warm front » أما الموجة الدافئة نفسها فيطلق عليها اسم « القطاع الدافئ Warm Sector » .

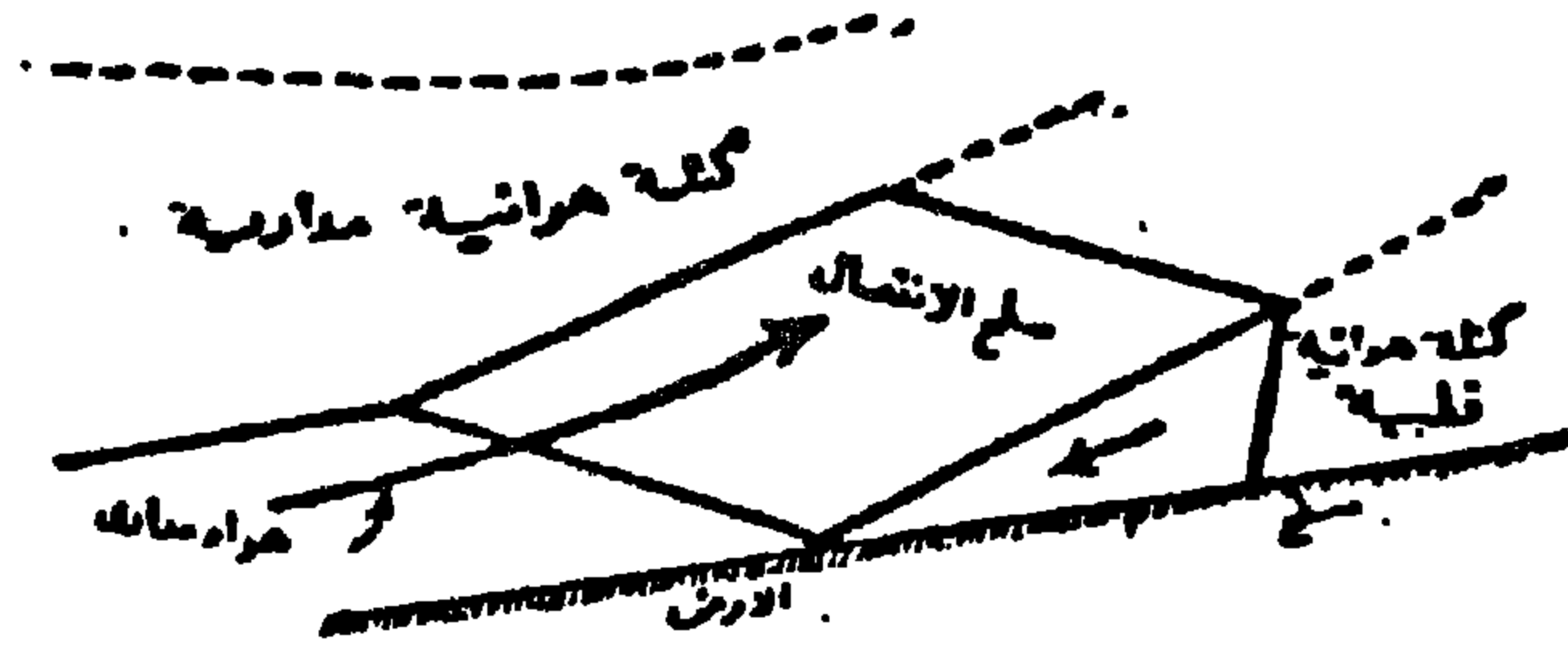
ويأخذ المنخفض الجوي بعد بدء تكونه في التحرك من الغرب إلى الشرق ، إلا أن سرعة تقدم الجبهة الدافئة تكون عادة أقل بحوالى سبعة كيلومترات في الساعة من سرعة تقدم الجبهة الباردة . لأن الهواء الدافئ يضيع بعض الوقت في محاولة الارتفاع فوق الهواء البارد ، ويترتب على هذا الفرق في السرعة أن تضيق الموجة الدافئة بالتدرج ، ويستطيع الهواء البارد في النهاية أن يعزل القسم المتقدم منها عن الكتلة الدافئة الأصلية ، ويحدث ذلك عندما يلتقى الهواء البارد الذى في مقدمة المنخفض الجوى بالهواء البارد الذى في مؤخرته ، وانفصال القسم المتقدم من الموجة الدافئة بهذا الشكل يعتبر المرحلة الأخيرة من مراحل المنخفض الجوى ، وهى المرحلة التى يطلق عليها اسم « مرحلة الامتلاء

Occlusion . وفيها يبدأ الهواء البارد في السيطرة على المنطقة نهائيا فيستمر في اندفاعه تحت الجزء المحصور من الهواء الدافئ حتى يطرده إلى أعلى الجو ، وبهذا الشكل يتلأثن المنخفض ، وقد وضعنا في شكل (٣٧) المراحل المختلفة التي يمر بها المنخفض الجوي حتى يصل إلى أعنف مراحله .

ولكن يلاحظ أن هناك نوعين مختلفين من الامتلاء أحدهما دافئ Warm Occulsion والثاني بارد Cold Occlusion . ويحدث الامتلاء الدافئ إذا كان الهواء البارد الذي في مقدمة المنخفض أشد برودة من الهواء البارد الذي في مؤخرته ، فالذي يحدث عند التقائهما هو أن يصعد الهواء الأخير فوق الهواء الأول كما يحدث تماما عندما يصعد هواء كتلة دافئة فوق هواء كتلة أخرى ، أما الامتلاء البارد فيحدث إذا كان الهواء البارد الذي في مؤخرة المنخفض أشد برودة من الهواء البارد الذي في المقدمة فبدل أن يصعد فوقه ، كما يحدث في الامتلاء الدافئ ، فإنه يندفع تحته .



شكل (٣٧) الامتلاء الدافئ (أ) والامتلاء البارد (ب)



شكل (٢٨) حدود الهواء المدارى الدالء فوق الهواء القطبى البارد

٧ - ٢ - ٢ - توزيعها واختلاف بعضها عن بعض :

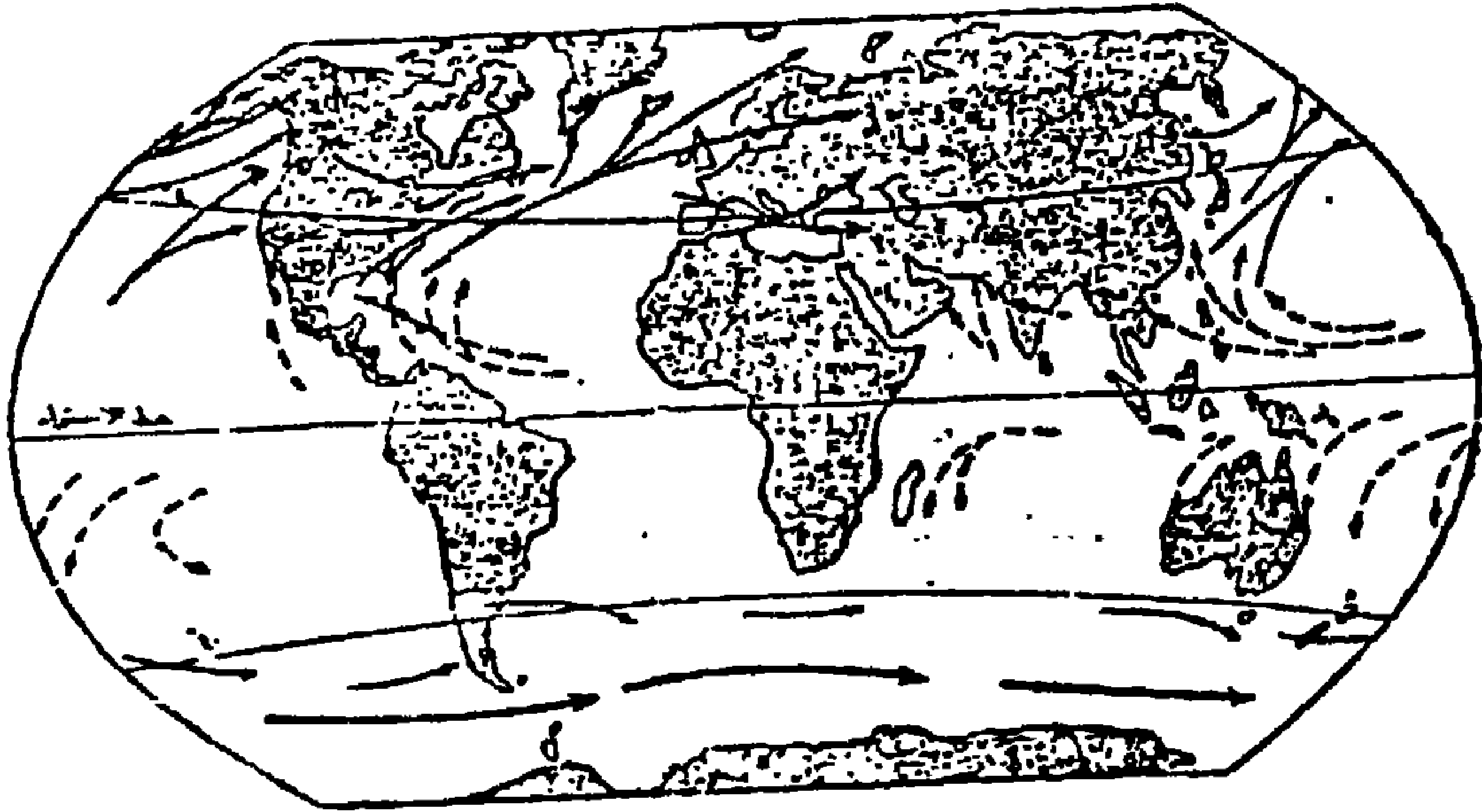
تظهر المنخفضات الجوية فى مناطق واسعة من العالم ، وذلك فى العروض المعتدلة ، ما بين خطى عرض 35° و 65° فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى ، وهى العروض التى تسود فيها الرياح الغربية ويكثر فيها تقابل الكتل الهوائية المدارية بالكتل الهوائية القطبية . ولكنها تكثر فى بعض الفصول عنها فى فصول أخرى ، فعلى حوض البحر المتوسط مثلاً نجد أنها تكثر بصفة خاصة فى الشتاء والربيع ، أما فى غرب أوروبا فإنها تكثر فى فصلى الشتاء والخريف .

ومرور المنخفضات الجوية ينسب عادة حدوث تقلبات فجائية فى الطقس فيشتد هبوب الرياح وتنسقط الأمطار بغزارة وقد تظهر عواصف الرعد وغير ذلك من التقلبات الجوية التى منشرحها فيما بعد ، ويجب ألا نخلط بين المنخفضات الجوية (أو كما تسمى أحياناً أعاصير المنطقة المعتدلة) وبين الأعاصير المدارية التى تظهر فى المنطقة الحارة ما بين المدارين ، والتى ستكلم عليها فيما بعد .

وتتحرك المنخفضات الجوية بعد تكونها من الغرب إلى الشرق بصفة عامة ، ولو أنها قد تغير اتجاه سيرها فجأة أو بالتدريج وتنحرف نحو الشمال الشرقى أو الجنوب الشرقى ، وتبين الخريطة التى فى الشكل (٣٩) المسالك الرئيسية التى

تتبعها معظم المنخفضات الجوية في المنطقة المعتدلة ، وكذلك المسالك التي تتبعها الأعاصير المدارية . وتبين الخريطة شكل (٤٠) المسالك الرئيسية للمنخفضات الجوية على أوروبا وحوض البحر المتوسط .

أما السرعة التي تتحرك بها المنخفضات فانها ليست ثابتة ولكنها تتراوح في المتوسط ما بين ٢٠ و ٣٠ كيلومترا في الساعة ، ولكن قد يحدث في بعض الأحيان أن يتركز المنخفض الجوي في مكان واحد عدة أيام ، وهذا ما يحدث



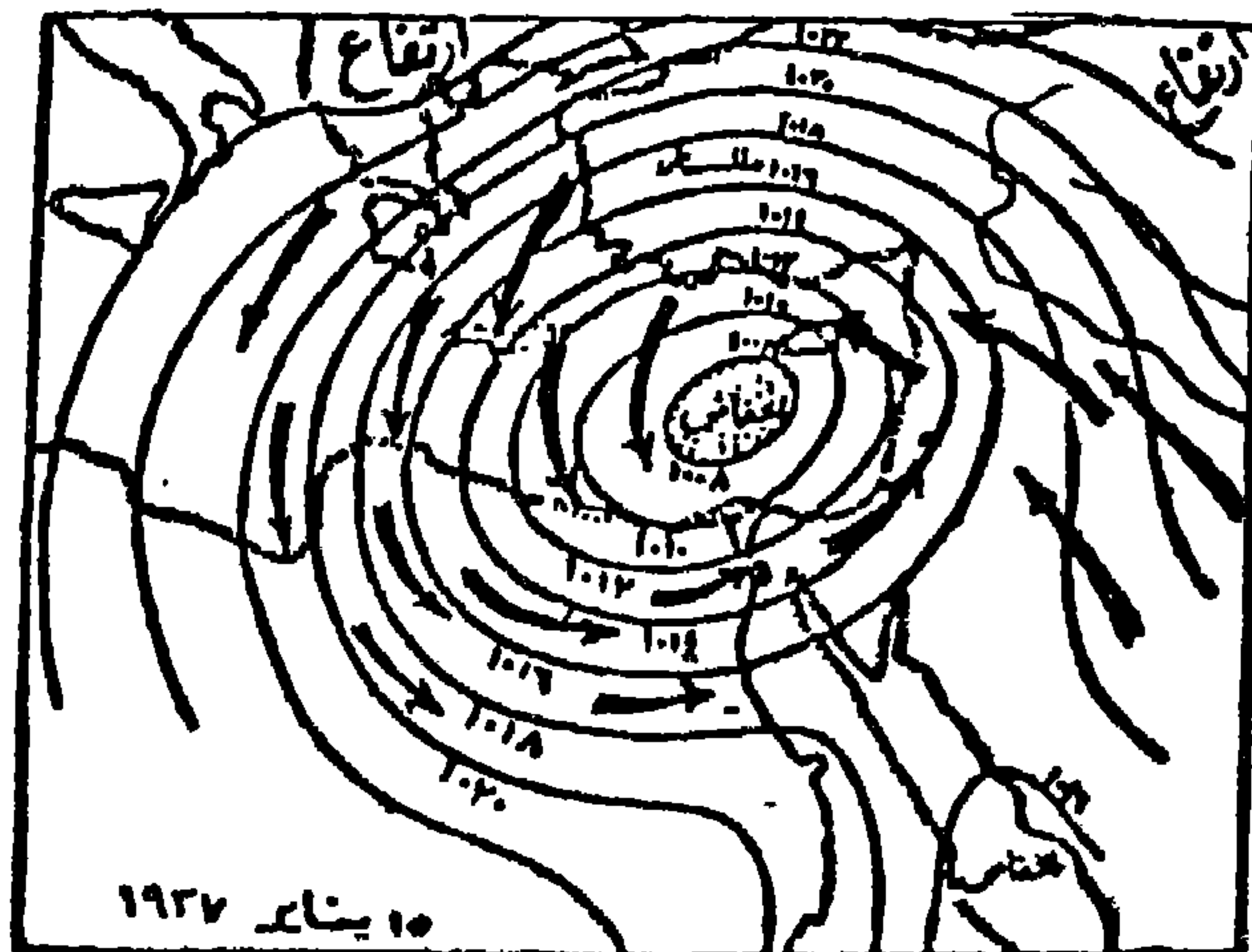
شكل (٣٩) المسالك الرئيسية للمنخفضات الجوية
(الخطوط المتصلة) والأعاصير المدارية (الخطوط المقطعة) في العالم

مثلا في بعض المنخفضات الشتوية التي تمر إلى الشمال من مصر في فصل الشتاء ، فكثيراً ما يتركز أحد هذه المنخفضات على جزيرة قبرص ويبقى ثابتاً في مكانه عدة أيام يكون الجو خلالها في شمال مصر دائماً الاضطراب (شكل ٤١) .

وتختلف المنخفضات الجوية بعضها عن بعض من حيث الاتساع ، فبينما يغطي بعضها منطقة يزيد قطرها على ١٥٠٠ كيلومتر ، نجد أن بعضها الآخر



شكل (٤٠) للمالك الرئيسية للمنخفضات الجوية على أوروبا
وحوض البحر المتوسط



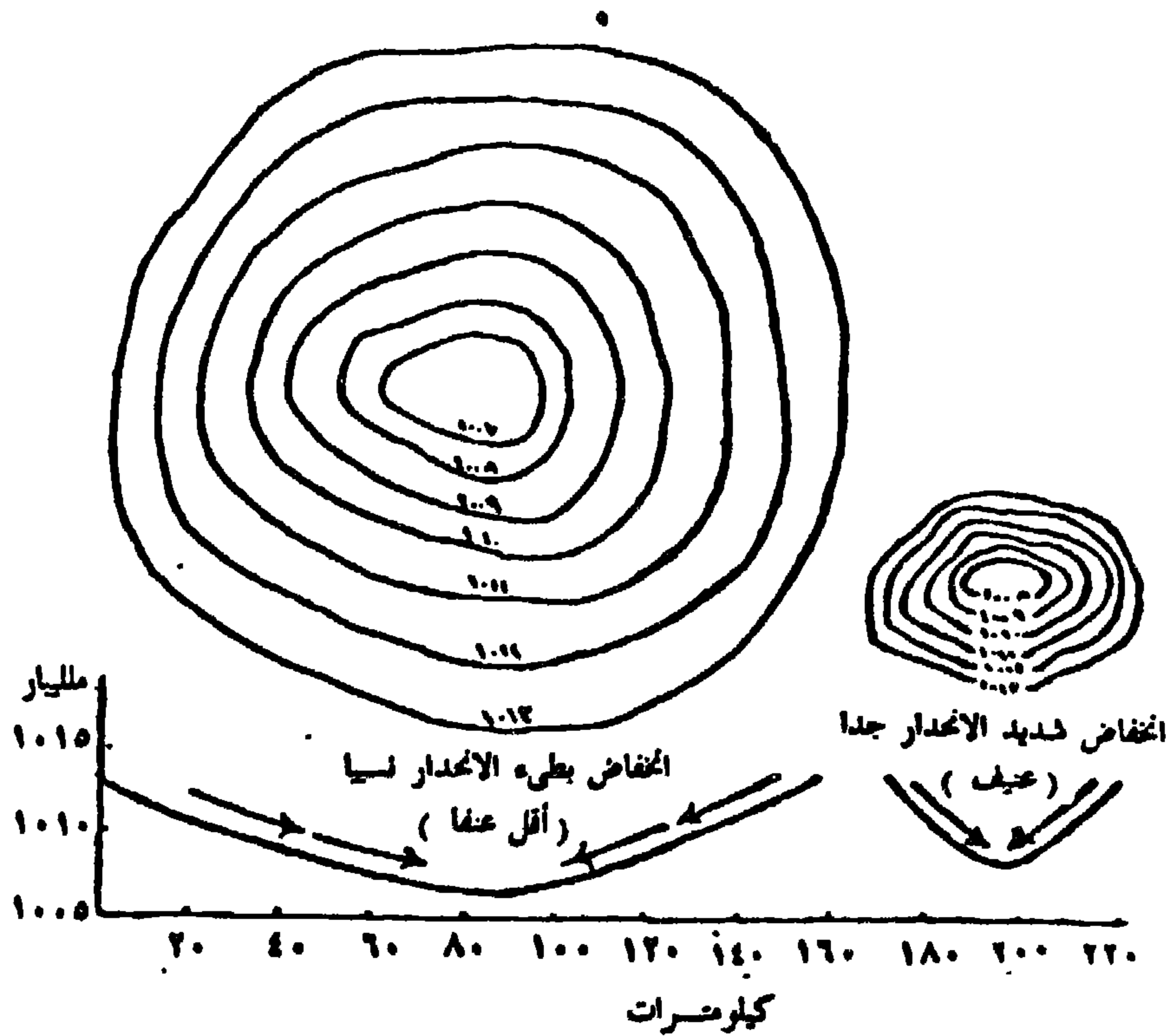
شكل (٤١) منخفض جوي متمركز على جزيرة قبرص

يفطى منطقة لا يزيد قطرها على ٣٠٠ كيلومتر ، أما تأثير المنخفض الجوى فقد يظهر فى مناطق تبعد كثيرا عن مركزه ، حتى أنه قد يكون سببا فى وصول رياح قطبية باردة إلى المناطق المدارية الحارة ، أو وصول رياح حارة من المناطق المدارية إلى الأقاليم الشمالية الباردة ، فقد حدث مثلا فى حالات كثيرة أن وصلت إلى شمال إفريقيا ، بل إلى شمال السودان ، رياح شديدة البرودة من وسط وشمال أوروبا ، كما وصلت إلى هذه المناطق الأخيرة (وسط وشمال أوروبا) رياح شديدة الحرارة من الصحراء الكبرى .

وتختلف المنخفضات الجوية بعضها عن بعض كذلك فى العمق ، ثم فى شدة انحدار الضغط الجوى نحو مركزها ، ويدل نظام خطوط الضغط المتساوى التى ترسم حول مركز المنخفض فى خرائط الطقس اليومية على عمق المنخفض وشدة فاذا كانت الخطوط متقاربة دل هذا على أن الضغط ينخفض بسرعة فى مسافة قصيرة ، ومعنى هذا أنه يكون شديد الانحدار نحو المركز ، أما إذا كانت الخطوط متباعدة فمعنى ذلك أن انحدار الضغط الجوى نحو المركز يكون بطيئا .

ويتوقف عنف المنخفض الجوى ، وشدة اضطراب الجو عند مروره ، وسرعة الرياح التى تهب حوله على شدة انحدار الضغط الجوى نحو المركز أكثر من توقفه على عمق المنخفض نفسه ، فكلما كان الانحدار شديدا ازدادت سرعة الرياح المندفعة نحو المركز ، كما يحدث للمياه التى تنحدر نحو قاع منخفض أرضى جوانبه شديدة الانحدار ، ولكن مع فارق مهم وهو أن المياه تقصد عند انحدارها غالبا مركز المنخفض الأرضى مباشرة ، أما الرياح فإنها تنحرف عند هبوبها نحو مركز المنخفض الجوى لتأخذ اتجاها مضادا لاتجاه حركة عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ومتفقا معه فى نصفها الجنوبى ، فالمنخفض الجوى الذى يتدرج الضغط نحو مركزه من ١٠١٣ مليبارات إلى ١٠٠٨ مليبارات فى مسافة خمسين كيلومترا ، يكون أشد عنفا من منخفض آخر يتدرج الضغط نحو مركزه من ١٠١٣ مليبارا إلى ١٠٠٧ مليبارات فى

مسافة ١٥٠ كيلومترا أو أكثر ، وذلك على الرغم من أن الثاني كما هو واضح أعمق من الأول . ويوضح شكل (٤٢) قطاعا في منخفضين ينحدر الضغط الجوى في أحدهما نحو المركز انحدارا أشد بكثير من انحداره في الآخر .



شكل (٤٢) العلاقة بين عنف الانخفاض الجوى وشدة انحدار الضغط الجوى نحو مركزه

٥ — ٢ — ٣ — ظاهرات الطقس التى تصاحب المنخفضات الجوية :

لما كانت المنخفضات الجوية تتحرك عموما من الغرب إلى الشرق فإن الظاهرات الجوية التى تصاحبها تتركز معها فى نفس الاتجاه ، ولهذا فإن القائمين بعمل التنبؤات الجوية فى محطة ما يعتمدون فى تنبؤاتهم بصفة خاصة على البيانات التى تضيعها المحطات الواقعة إلى الغرب من محطاتهم عن الأحوال الجوية وتطوراتها ، وتسجل هذه البيانات فى ساعات معينة يوميا على « خرائط

الطقس «Synoptic charts». وبواسطة هذه الخرائط يمكن تحديد موقع المنخفض الجوى ، كما يمكن معرفة عمقه ، وشدة تدرج الضغط الجوى نحو مركزه ، وخط سيره ، وسرعة تحركه على وجه التقريب . ويمكن بناء على ذلك التنبؤ بالتغيرات المنتظرة في حالة الجو ، إلا أن التنبؤات قد تخطئ أحيانا لأسباب خارجة عن إرادة المتنبئ الجوى نتيجة لحدوث تغيرات غير متوقعة على المنخفض الجوى أو على خط سيره ، فقد يحدث أن يمتلئ المنخفض أو يغير اتجاهه أو يذرف عن التحرك قبل أن يصل إلى مكان المتنبئ الجوى ، وفي مثل هذه الأحوال لا تكون التنبؤات الجوية متفقة مع ما يحدث فعلا .

أما إذا لم تطرأ على المنخفض الجوى تطورات غير متوقعة فإن الأحوال الجوية في الأماكن التي تقع على امتداد خط سيره تتابع غالبا بترتيب معروف ، ولكنه قد يختلف في بعض التفاصيل باختلاف موقع المكان إلى الجنوب أو إلى الشمال من خط سير المنخفض . ويمكن تقسيم التغيرات التي تطرأ على الجو منذ اقتراب المنخفض ثم مروره وابتعاده إلى خمس مراحل كما يلي :

أولا — مرحلة اقتراب المنخفض — قبل أن يطرأ على الجو أى اضطراب واضح تأخذ درجة حرارة الجو في الارتفاع بينما يأخذ الضغط الجوى في الانخفاض ، وتهب الرياح من الشرق ثم تتحول تدريجيا إلى جنوبية شرقية ، وتكون معتدلة السرعة وجافة أو رطبة على حسب طبيعة المنطقة التي تهب منها . وتظهر في السماء سحب رقيقة متفرقة على ارتفاع كبير ، وتكون غالبا شفافة وناصعة البياض حتى أنها لا تحجب أشعة الشمس ، وتأخذ عادة شكل أهداب الريش أو القطن المندوف . وكلما اقترب المنخفض تزايدت هذه السحب حتى تكون منها طبقة رقيقة متصلة تنفذ من خلالها أشعة الشمس وتظهر حول قرصها هالة مستديرة بسبب تكسر الأشعة على بلورات الثلج التي تتكون منها أغلب هذه السحب . وبمرور الوقت وتزايد اقتراب المنخفض يتزايد سمك السحب حتى تحجب أشعة الشمس تماما ويتزايد قربها من الأرض . وفي نفس الوقت تزايد سرعة الرياح ويكون أغلبها جنوبيا شرقيا أو

جنوبيا ، وتستمر درجة الحرارة في الارتفاع ، ويستمر الضغط الجوى في الانخفاض ، وقد يسقط مطر خفيف .

ثانيا — مرحلة مرور الجبهة الدافئة — بمجرد وصول هذه الجبهة تتحول الرياح من جنوبية شرقية أو جنوبية إلى جنوبية غربية سريعة . وتستمر درجة الحرارة في ارتفاعها ، ويزداد سمك السحب كما يزداد قربها من الأرض وتحتجب بها السماء تماما وقد يصاحبها سقوط بعض الأمطار . وتحدث في هذه المرحلة أحيانا موجات حرارية شديدة إذا ما حدث هذا في فصل الربيع وأوائل الصيف ، أما الضغط الجوى فيكون مستمرا في انخفاضه نحو مركز المنخفض الجوى . وتتوقف رطوبة الجو أو جفافه على طبيعة المنطقة التى تأتى منها الرياح .

ثالثا — مرحلة مرور قلب المنخفض ، وهو الذى يقع في قلب الموجة الدافئة التى تنحصر بين الجبهة الدافئة والجبهة الباردة ، وفي مركزها يكون الضغط الجوى قد وصل إلى أدناه ، أما درجة الحرارة فتظل مرتفعة ، وتظل السماء محتجبة بطبقة متصلة سمكية من السحاب ، وقد تسقط بعض الأمطار ، وتكون الرياح خفيفة في بداية هذه المرحلة ولكنها تسكن تماما تقريبا في أواسطها وقرب نهايتها ، ولكنه هو السكون الذى يسبق العاصفة ، على حسب التعبير المشهور ، إذ أن الجو يدخل بعدها مباشرة في أشد حالاته اضطرابا .

رابعا — مرحلة مرور الجبهة الباردة ، وهى أشد مراحل المنخفض الجوى اضطرابا ، ويحدث الاضطراب عادة بشكل مفاجئ ، فما إن تصل الجبهة الباردة حتى تتحول الرياح فجأة من جنوبية غربية إلى شمالية غربية أو شمالية ، وتصل إلى أعلى سرعتها ، وتتوقف هذه السرعة على عمق المنخفض وشدة انحدار الضغط نحو مركزه ، ففي حالة المنخفضات الشتوية العنيفة قد تصل هذه الرياح إلى سرعات يترتب عليها حدوث كثير من التخريب . وبمجرد

مرور هذه الجبهة تنخفض درجة الحرارة انخفاضاً فجائياً ، فإذا حدث ذلك في فصل الشتاء فقد تنخفض درجة الحرارة إلى قرب درجة التجمد أو دونها على حسب موقع المكان ، وذلك بسبب وصول هواء قطبي من العروض القطبية ، وتتلبد السماء بغيوم داكنة سمكة قريبة من سطح الأرض ، وتحدث عواصف رعدية تهمر أثناءها الأمطار بغزارة شديدة . وتستمر هذه الاضطرابات بدون انقطاع لفترة تتوقف على سرعة تحرك المنخفض الجوي أو مركزه .

خامساً — مرحلة ابتعاد المنخفض الجوي : تأتي هذه المرحلة بعد مرور الجبهة الباردة ، وفي أثنائها تتناقص شدة الاضطرابات الجوية فتتناقص سرعة الرياح وتتناقص السحب وتتناقص الأمطار تبعاً لذلك وتسقط بشكل زخات متفرقة يزداد تباعدها بمرور الوقت ويصفر الجو تدريجياً ، ولكن درجة الحرارة تظل ماثلة للبرودة لبعض الوقت بينما يأخذ الضغط الجوي في الارتفاع حتى يتعد المنخفض الجوي نهائياً أو يمتلئ ويتهى أثره .

ويجب أن نشير مع ذلك إلى أن الظاهرات التي سبق وصفها ، على الرغم من أنها تظهر عند مرور معظم المنخفضات الجوية ، فإنها تتغير أحياناً لأسباب طارئة ، مما يؤدي إلى حدوث أخطاء في التنبؤات الجوية كما سبق أن بينا . كما أنها قد تختلف من مكان إلى آخر على حسب الموقع بالنسبة لمركز المنخفض الجوي . وبين شكل (٤١) اتجاه الرياح على مصر وشرق البحر المتوسط عندما يتمركز منخفض جوي شديد العمق على جزيرة قبرص .

٧ — ٢ — ٤ — الرياح المحلية التي تسببها المنخفضات الجوية :

بيننا فيما سبق أن هبوب الرياح حول المنخفضات الجوية له نظام خاص قد لا يتماشى مع الدورة الهوائية العامة للرياح فوق سطح الكرة الأرضية ، ففي نصف الكرة الشمالي تهب الرياح في مقدمة المنخفض من الاتجاهات الجنوبية بصفة عامة ، ولهذا فإنها تكون غالباً دافئة أو حارة ، خصوصاً في نصف السنة .

الصيفى ، أما فى مؤخرة المنخفض تهب الرياح من الشمال ، وتكون باردة خصوصا فى نصف السنة الشتوى .

وللرياح التى تهب فى مقدمة المنخفضات الجوية أو فى مؤخرتها أهمية خاصة بالنسبة لبعض المناطق ، وذلك على حسب ما تتميز به من صفات خاصة ، وما يمكن أن يكون لها من أثر فى حياة السكان ، ولكل نوع من هذه الرياح أسماء محلية يشتهر بها فى المناطق التى يظهر فيها . ففى مصر مثلا يطلق اسم رياح الخماسين على الرياح الحارة التى تهب من الصحراء فى مقدمة المنخفضات الجوية فى فصل الربيع . وقد تعبر هذه الرياح البحر المتوسط وتصل إلى جنوب أوروبا حيث يطلق عليها اسم السيروكو . ويطلق اسم رياح الفهن فى منطقة جبال الالب على الرياح الدافئة التى تظهر على السفوح الشمالية للجبال ، وهى رياح تهب من الجنوب فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تمر على شمال أوروبا . ويطلق اسم المسترال فى جنوب فرنسا على رياح شديدة البرودة تهب على وادى الرون من الشمال . وذلك فى مؤخرة المنخفضات الجوية التى تغزو البحر المتوسط من الغرب . وتظهر فى شبه جزيرة البلقان رياح من نفس نوع المسترال يطلق عليها اسم البورا . ويطلق على جميع هذه الرياح واشباهها اسم الرياح المحلية « Local Winds » وذلك لأن تأثيرها لا يظهر غالبا إلا فى مناطق محدودة من العالم ، فضلا عن أنها لا تهب إلا فى فترات متقطعة ولا يستمر هبوبها أكثر من بضعة أيام كلما توفرت أسباب هبوبها .

ويمكننا أن نقسم الرياح المحلية المشهورة التى تسببها المنخفضات الجوية إلى ثلاث مجموعات رئيسية هى :

أ — رياح حارة تهب فى مقدمة المنخفضات الجوية ، ومن أشهر أنواعها رياح الخماسين فى مصر والسوم فى صحارى شمال افريقية وبلاد العرب والسيروكو على الساحل الجنوبى لأوروبا .

ب - رياح حارة تهب معظمها كذلك في مقدمة المنخفضات الجوية ، ولكنها لا تظهر إلا في بعض الأقاليم الجبلية حيث تكتسب معظم حرارتها نتيجة لانضغاطها على سفوح الجبال ، ومن أهمها رياح الفهن في جبال الألب في أوزوفا والشنوك في جبال الروكي بأمريكا الشمالية .

ج - رياح باردة تهب في مؤخرة المنخفضات الجوية ، ومن أهمها رياح المسترال في حوض الرون ، ورياح البورا في شمال البحر الأدرياتي .
وفيما يلي وصف مختصر لأهم الرياح المحلية التي تنتمي إلى هذه المجموعات الثلاث :

أولا - المجموعة « أ » (نوع الخماسين) :

الخماسين : هي رياح صحراوية شديدة الحرارة والجفاف تهب على القسم الشمالي من مصر في فصل الربيع ، وذلك في مقدمة المنخفضات الجوية التي تمر بالقرب من الساحل الشمالي للبلاد في هذا الفصل ، وهي تهب من ناحية الجنوب بصفة عامة . ونظرا لأنها تأتي من الصحراء فإنها كثيرا ما تكون محملة بالأتربة والرمال . وقد يحدث أن تصل درجة الحرارة أثناء هبوبها إلى حوالي ٤٥ درجة مئوية ولكنها لا تلبث أن تنخفض بنحو ١٥ درجة أو أكثر عندما تمر الجبهة الباردة من المنخفض الجوي وتحول الرياح إلى شمالية أو شمالية غربية .

وتعتبر رياح الخماسين من أقسى الظواهر المناخية التي تشوب مناخ القسم الشمالي من مصر في فصل الربيع . وذلك على الرغم من أنها لا تهب إلا في أيام معدودة . ويعتبر شهر مارس وأبريل أكثر الأشهر تعرضا لهبوبها ويتضح ذلك من الأرقام الآتية التي تبين متوسط عدد الأيام التي تهب فيها رياح الخماسين في الأشهر المختلفة . فبراير ٦ ، مارس ٧ ، أبريل ٧ ، مايو ٥ ، يونيو ٢ .

السموم : هي صورة أخرى من رياح الخماسين ، فهي رياح حارة جافة محملة بالأتربة تهب من الجنوب بصفة عامة وتشتهر بها صحارى بلاد العرب

وشمال الصحراء الكبرى في ليبيا وبلاد المغرب . وهي تهب كذلك في مقدمة المنخفضات الجوية خصوصا في فصل الربيع . وقد تكون الأتربة التي تحملها من الكثرة بحيث تقلل مدى الإبصار أحيانا إلى بضع ياردات . وهذه هي نفس الرياح التي تشتهر في ليبيا باسم « القبل » .

السيروكو Sirocco : هي رياح حارة رطبة تهب على جنوب أوروبا وخصوصا على البلقان وإيطاليا من ناحية الجنوب . وهي في الواقع امتداد لرياح الخماسين (أو السموم) التي قد تعبر البحر المتوسط فتحمل عند عبورها كميات كبيرة من بخار الماء . ويكون الجو عند هبوبها حارا رطبا ذا أثر سيء في النفوس ، وقد يتسبب عنها ظهور ضباب كثيف على السواحل . ويكون اتجاهها على إيطاليا جنوبيا شرقيا في غالب الأحيان . وكلمة سيروكو مأخوذة من كلمة « الشرق » العربية^(١) .

الليفانتر Levanter (أو السولانو Solano) : وهي رياح حارة رطبة من نوع السيروكو ، وتهب من ناحية الشرق على منطقة جبل طارق ، وكثيرا ما يؤدي هبوبها إلى حدوث دوامات في مياه البحر تكون خطرا على الملاحة ، وتظهر هذه الدوامات بصفة خاصة على الجانب الغربي من بوغاز جبل طارق . وقد سميت هذه الرياح بالليفانتر لأنها تهب من الشرق ، أي من ناحية الليفانتر "Levant" وهو اسم تاريخي يطلق على القسم الشرقي من البحر المتوسط .

الهارمتان Harmattan : هي رياح صحراوية شديدة الجفاف . تهب من الصحراء الكبرى على البلاد الممتدة على طول ساحل غانة في غرب إفريقيا ، ويكون اتجاهها شماليا شرقيا أو شرقيا . ورغم شدة حرارتها وجفافها وما تحمله أحيانا من أتربة فإن السكان يرحبون بها ويحبونها لأنها تنقذهم ولو لفترة محدودة من الرطوبة الشديدة التي تتميز بها هذه المناطق ، وهي على كل حال ذات تأثير حسن على صحة السكان بصفة عامة . ويتفق موسم هبوبها إجمالا مع أشهر الشتاء والربيع ، وكثيرا ماتحمل معها مقادير كبيرة من الأتربة التي تنتشر على

(١) Horrocks, N. K. « Physical Geography and Climatology », 1955. P. 222

شكل ضباب يمتد أحيانا إلى مسافات بعيدة قد تبلغ مئات الكيلومترات فوق المحيط الأطلسي مما يسبب كثيرا من الأخطار على الملاحة .

البريكفيلدرز Brickfielders : وهي رياح صحراوية حارة معروفة في جنوب شرق استراليا ، وتهب بصفة خاصة في فصل الربيع والصيف ، وذلك في مقدمة بعض المنخفضات الجوية التي تعبر القارة من الغرب إلى الشرق ، ونظرا لأنها تهب من الصحراء فإنها تكون محملة بمقادير كبيرة من الأتربة فضلا عن أنها تكون شديدة الحرارة وقد يستمر هبوبها عدة أيام . ولكنها تختفى فجأة وتحل محلها رياح جنوبية باردة تهب في مؤخرة المنخفض الجوي ويطلق عليها اسم الجنوبية المندفعة « Southerly Burster » ، وسنشير إليها فيما بعد مع الرياح الباردة .

ثانيا - المجموعة « ب » ، (نوع الفهن) :

الفهن Fohn : تظهر هذه الرياح في الوديان التي توجد في شمال جبال الألب خصوصا في سويسرة ، وهي رياح جنوبية دافئة شديدة الجفاف ، تهب في مقدمة بعض المنخفضات الجوية التي تمر على شمال أوروبا ، وعند هبوبها ترتفع درجة الحرارة ارتفاعا سريعا ، ويشتد الجفاف فتتصهر الثلوج التي تغطي منحدرات الجبال بسرعة ينجم عنها أحيانا حدوث فيضانات خطيرة . وهي تظهر بصفة خاصة في نصف السنة الشتوى . وتختلف مدة هبوبها من بضع ساعات إلى عدة أيام ، وهي تبدأ على شكل هبات حارة متقطعة ، ولكنها تستمر بعد ذلك في هبوب شديد متواصل لبضع ساعات أو بضعة أيام . ونظرا لشدة حرارتها وجفافها فإنها تساعد على انتشار الحرائق التي تحدث لأقل الأسباب ، وذلك فضلا عن أنها تكون ذات أثر سيء في نفوس السكان ، ولكن رغم هذه المساوئ فإن الفهن لها فوائد اقتصادية عظيمة من أهمها أنها تساعد على نضج الفاكهة التي تزرع في هذه الوديان ومنها التفاح والكمثرى ، ويتراوح متوسط عدد الأيام التي تظهر فيها هذه الرياح ما بين ٣٠ و ٤٠ يوما في السنة .

وتكتسب الفهن قسما كبيرا من حرارتها نتيجة لاضغطها عند هبوطها بشدة على المنحدرات الشمالية للجبال . ومما يساعد على سرعة ارتفاع درجة حرارتها عند الهبوط أنها تكون قد فقدت معظم بخار الماء الذي كانت تحمله بالتكثف على المنحدرات الجنوبية . وتكون لهذا السبب جافة نسبيا عند هبوطها على المنحدرات الشمالية .

الشنوك Chinook : وهى رياح دافئة من نفس نوع الفهن ولها نفس صفاتها تقريبا ، وتظهر على المنحدرات الشرقية لجبال الروكى فى الولايات المتحدة وكندا ، حيث تعبر الرياح الرطبة الآتية من المحيط الهادى سلاسل هذه الجبال وتنحدر بشدة على جوانبها الشرقية ، وهى رياح محبوبة عند الرعاة ، لأنها تؤدى إلى انصهار الثلوج التى على منحدرات الجبال وقسمها فتساعد المياه الناتجة من هذا الانصهار على ظهور المراعى . وموسم هبوب الشنوك هو فصلا الشتاء والربيع ، وذلك عند مرور المنخفضات الجوية نحو الشرق ، ويكون اتجاهها جنوبا غربيا بصفة عامة .

سانتا آنا Santa Ana : هى رياح صحراوية حارة شديدة الجفاف تهب على جنوب كاليفورنيا من الصحارى الواقعة إلى الشرق من سلاسل جبال سيرا نيفادا عند مرور أحد المنخفضات الجوية ، وقد تحمل معها كثيرا من الأتربة والرمال ، وهى فى الحقيقة نوع من الرياح تنجم بين مميزات نوعى الخماسين والفهن ، وذلك لأنها فضلا عن كونها رياحا حارة بطبيعتها لهوبها من إقليم صحراوى حار كما هى الحال فى الخماسين ، فانها تكتسب مقاديرا أخرى من الحرارة عند هبوطها بشدة على المنحدرات الغربية لجبال سيرا نيفادا كما يحدث تماما لرياح الفهن ، وموسم هبوبها هو الشتاء والربيع ، وهى تسبب أضرارا كثيرة للمحصولات ، خصوصا إذا ظهرت فى الربيع عندما تكون أشجار الفاكهة قد بدأت تخرج براعمها وتكون الأشجار الصغيرة قد بدأت نموها . وإلى جانب ذلك فانها تسبب مضايقات كثيرة للسكان ، وقد سميت بهذا الاسم نسبة إلى وادى سانتا آنا الذى تهب على امتداده .

ثالثا - المجموعة « ج » (نوع المسترال) :

المسترال Mistral : وهي رياح شمالية شديدة البرودة تهب في فصل الشتاء على وادي الرون بسرعة عظيمة تتراوح بين ٥٠ و ٦٠ كيلومترا في الساعة ، ولكنها تصل في بعض الأحيان إلى ١٠٠ كم في الساعة ، وفي هذه الحالة قد يتجح عنها غرق بعض السفن واقتلاع بعض الأشجار ، ولهذا السبب نجد أن المنازل في هذا الحوض تبنى بحيث تتجه أبوابها ونوافذها بصفة عامة نحو الجنوب . وسبب هبوب المسترال هو ظهور منخفض جوى على القسم الغربى من البحر المتوسط ، مما يؤدي إلى اندفاع الرياح الباردة في مؤخرته من داخل قارة أوروبا ، ونظرا لوجود حواجز جبلية مرتفعة تحول بين هذه الرياح وبين الوصول إلى البحر المتوسط فإنها تتجمع في وديان الأنهار المتجهه جنوبا ، ومن أهمها وادي الرون الذى تندفع على طوله بقوة عظيمة ، ومما يساعد على ازدياد قوة المسترال أن الهواء الذى يبرد على قمم الجبال المجاورة وجوانبها ينحدر باستمرار نحو قاع الوادي فيضيف هواءا جديدا إلى هوائها .

البورا Bora : ومعناها الشمالية ، وهي رياح شديدة البرودة تشبه المسترال وتهب في فصل الشتاء على البحر الأدرياتي من الشمال الشرق بصفة عامة ، ويكون هبوبها غالبا في أعقاب المنخفضات الجوية التى تمر على شرق البحر المتوسط ، وكما هو الحال في المسترال نلاحظ أن البورا تكتسب كثيرا من قوتها نتيجة لهبوط الهواء الذى يبرد على قمم جبال الألب الدينارية وجوانبها نحو البحر الأدرياتي .

الجنوبية المندفعة Southerly Burster : هي رياح جنوبية باردة تهب بصفة خاصة في فصل الربيع والصيف على ساحل نيو سوث ويلز في جنوب شرق استراليا ، وذلك في أعقاب بعض المنخفضات الجوية التى تعبر استراليا من الغرب إلى الشرق ، ولكن نظرا لأنها تهب من ناحية البحر فإنها لاتصل في برودتها إلى درجة البورا أو المسترال ، ويلاحظ أن هذه الرياح تهب عادة عقب هبوب رياح أخرى حارة تأتي من الشمال في مقدمة المنخفضات الجوية ،

ويطلق عليها اسم بريكفيلدرز ، وقد سبقت الإشارة اليها عند الكلام على الرياح الدافئة .

الهبوب HABOOB

يطلق هذا الاسم على نوع من الزوابع الترابية المشهورة في شمال السودان وفي جنوب البحر الأحمر ، وهو في الواقع نوع فريد في بابه من الرياح المحلية وسبب حدوثه ، كما يبدو في الوقت الحاضر ، هو وصول جبهة إحدى الكتل الهوائية الباردة إلى شمال السودان ، فالذي يحدث عندئذ هو أن الهواء البارد يسخن في طبقاته السفلى بسبب مروره على سطح أدفأ منه ، ويترتب على ذلك حدوث حالة عدم استقرار في هواء الكتلة الباردة ، مما يؤدي إلى نشاط التيارات الهوائية الصاعدة نشاطا كبيرا يترتب عليه ارتفاع مقادير كبيرة جدا من الأتربة والرمال ، التي توجد بكثرة فوق سطح المنطقة ، فإذا ما وصلت الرياح الشمالية التي تهب بعد ذلك فإنها تدفع هذه الأتربة والرمال أمامها نحو الجنوب أو الجنوب الشرقي وتلقى بها فوق المدن والقرى التي تصادفها ، وكثيرا ماتستمر سحب الأتربة عالقة بالجو حوالي ثلاثة أيام أو أكثر ، ويكون ظهور الهبوب مصحوبا في بعض الأحيان بسقوط الأمطار وحدث البرق والرعد . ويعتبر شهرا مايو ويونيو الموسم الرئيسي لحدوث هذا النوع من الزوابع .

الأعاصير أو العواصف الدوارة

٧ - ٣ - ١ - الفرق بينها وبين المنخفضات الجوية :

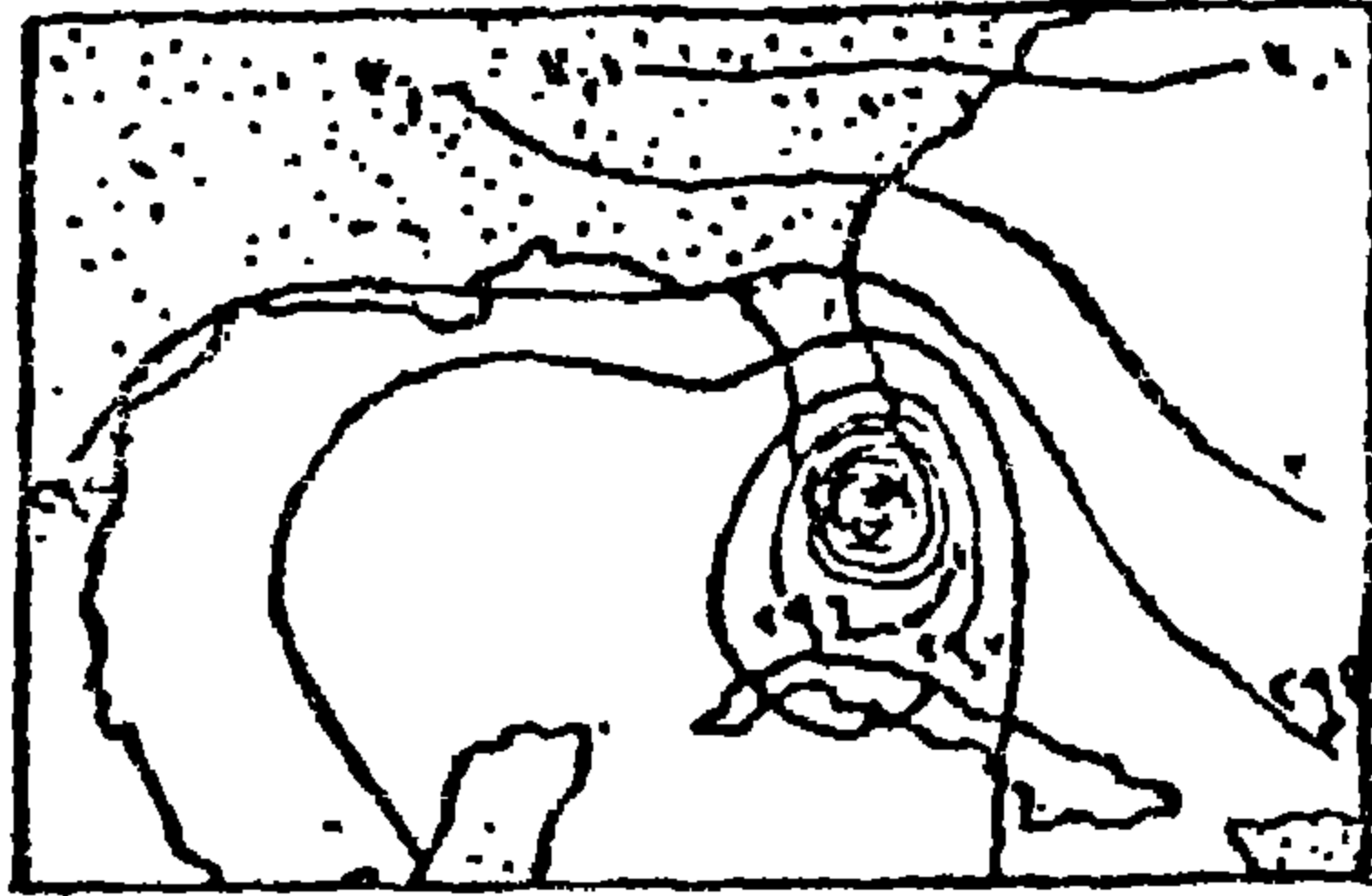
تختلف هذه الأعاصير أو كما تسمى أحيانا بالعواصف المدارية عن المنخفضات الجوية التي تظهر في المنطقة المعتدلة من عدة وجوه ، فبينما تظهر المنخفضات الجوية في نطاق الرياح الغربية فإن الأعاصير المدارية تظهر في نطاق الرياح التجارية أو الموسمية أي في المناطق الحارة ، وبينما تنشأ المنخفضات الجوية على اليابس والماء على حد سواء فإن الأعاصير المدارية يغلب حدوثها في مناطق معينة من المحيطات ولا تتوغل في اليابس الا إلى مسافات قصيرة ، وبينما يغطي المنخفض الجوي عادة مساحة واسعة جدا قد يصل قطرها إلى أكثر من ١٥٠٠ كيلومتر فإن قطر الإعصار المداري يكون أقل من ذلك بكثير ، حيث انه يتراوح ما بين ١٠٠ و ٢٥٠ كيلومترا فقط ، وبينما تتحرك المنخفضات الجوية دائما من الغرب إلى الشرق على وجه الإجمال ، فإن الأعاصير المدارية تتحرك عادة من الشرق إلى الغرب ، ولو أن خط سيرها ينحرف نحو الشمال في نصف الكرة الشمالي ونحو الجنوب في نصفها الجنوبي . ويلاحظ أخيرا أن الأعاصير المدارية تكون غالبا أشد قسوة وأثرا من المنخفضات الجوية ، وكثيرا ما تؤدي إلى تدمير المباني والمنشآت و حدوث ضحايا في الأنفس و غرق السفن حتى الكبير منها ، كما يصحبها تدفق الأمطار بصورة أشد بكثير مما يحدث في المنخفضات الجوية ، ويغلب أن يتابع أثناء مرور الإعصار حدوث برق ورعد شديدين .

ويكون الضغط الجوي في مركز الإعصار شديد العمق جدا كما يكون انحداره شديدا جدا كذلك ، حتى أن خطوط الضغط المتساوي المرسومة حول المركز تكون على شكل دوائر شديدة التقارب . ويلاحظ أن الهواء في مركز

الإعصار يكون ساكنا تقريبا وذلك في دائرة قطرها حوالي ٣٠ كيلومترا ،
 ومدى الدائرة هي التي يطلق عليها اسم « غير الإعصار » ويدور الهواء حولها
 ضد عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي ومعها في نصفها الجنوبي ، وذلك
 بسرعة تصل أحيانا إلى أكثر من ١٠٠ عقدة في الساعة . وعند مرور الإعصار
 على أى مكان يرسم الباروجراف رقم ٧ مما يدل على أن الضغط الجوى
 ينخفض فجأة عند مرور الإعصار ، ثم يرتفع فجأة بعد ذلك مباشرة .

وتشتهر الأعاصير المدارية في الأقاليم التي تتعرض لها بأسماء مختلفة ، منها
 « الهاريكين Hurricane » في أمريكا و « التيفون Typhoon » في الصين والتايبلي
 زيلي « Willy-Willy » في استراليا .

ومن حوادث الأعاصير المشهورة ذلك الإعصار الذي مر على شبه جزيرة
 فلوريدا في سنة ١٩٢٦ وقتل بسببه حوالي ١٥٠٠ شخص بينهم ١١٤ في
 مدينة ميامي وحدها ، وقدرت الخسائر المادية التي نجمت عنه بما يزيد على ١٥
 مليون جنيه ، ويبين شكل (٤٣) حالة الضغط الجوى في ذلك الإعصار .



شكل (٤٣)
 نظام خطوط الضغط المتساوي
 في إعصار فلوريدا
 (١٨ - سبتمبر ١٩٢٦)

ومن أقرب حوادث الأعاصير المفجعة إلى الأذهان فهو ذلك الإعصار الذى أصيبت به المناطق الساحلية من باكستان الشرقية فى نوفمبر سنة ١٩٧٠ وقتل بسببه ما يقرب من نصف مليون شخص ، بالإضافة إلى أعداد أكبر بكثير من الجرحى والذين أصبحوا بدون مأوى . وقد زادت سرعة الرياح فى هذا الإعصار عن ٨٠ عقدة فى الساعة ، وطفئت مياه البحر على المناطق الساحلية وغرقت جزر بأكملها بكل سكانها ، وتشهر الولايات الهندية المطلة على خليج البنغال بهذا النوع من الأعاصير فلا يكاد يمر عام الا وتصاب بواحد منها .

٧ - ٣ - ٢ - نشأتها :

تنشأ الأعاصير المدارية بصفة خاصة على الأجزاء الغربية من المحيطات ، وذلك فى منطقة الركود الاستوائى ، حيث يساعد سكون الهواء على رفع درجة حرارة الطبقات السفلى منه بسرعة مما يؤدى إلى نشاط التيارات الصاعدة وحدث حالة عدم استقرار فى الهواء ، وفضلا عن ذلك فإن التيارات المائية الاستوائية تنقل باستمرار إلى الأجزاء الغربية من المحيطات مقادير كبيرة من المياه السطحية الدافئة ، التى يكون الهواء فوقها محملا بكميات عظيمة من بخار الماء اللازم لتكوين الأمطار المتدفقة ، التى تعتبر من الظواهر الرئيسية التى تلازم الأعاصير .

وبلاحظ مع ذلك أن هذه الأعاصير لا تظهر عند خط الاستواء نفسه لأن الرياح التى تعبر هذا الخط من الشمال إلى الجنوب أو العكس لا تنحرف الانحراف الكافى الذى يمكن أن يساعد على إحداث الحركة الدورانية التى تتميز بها الأعاصير المدارية . ويقصد بها دوران الهواء بسرعة حول مركز الإعصار على شكل دوامة ، ولكن كلما بعدنا شمالا أو جنوبا عن خط الاستواء ساعد دوران الأرض على انحراف الرياح وإحداث هذه الحركة الدورانية ، ولهذا النسب نجد أن الأعاصير لا تنشأ غالبا إلا فى الفصل الذى تترشح فيه منطقة الركود الاستوائية إلى أبعد وضع لها عن خط الاستواء سواء نحو الشمال أو نحو

الجنوب ، ويكون ذلك ما بين خطى عرض ١٠° و ٢٠° تقريبا في نصفي الكرة .

هذه هي الظروف العامة التي جعلت الأجزاء الغربية من المحيطات ما بين خطى عرض ١٠° و ٢٠° شمالا وجنوبا ملائمة لنشأة الأعاصير المدارية ، أما العوامل المباشرة التي تؤدي إلى اثاره هذه الأعاصير فقد اختلفت الآراء في تفسيرها ، ولكن الرأي السائد في الوقت الحاضر هو أنها تنشأ نتيجة لتقابل ثلاث كل هوائية مدارية في مكان واحد ، بشرط أن تكون واحدة منها مختلفة عن الكتلتين الاخرين ، ويحدث هذا عادة عندما تلتقى كتلة مدارية قارية بكتلة مدارية بحرية في مكان ما يقع على الجهة الاستوائية (أنظر شكل ٤٤) .

٧ - ٣ - ٣ - خطوط سيرها وتوزيعها :

بين شكل (٣٩) المسالك الرئيسية التي تتبعها الأعاصير المدارية والمنخفضات الجوية في العالم ، ومنه يتضح أن الأعاصير المدارية تتجه بصفة عامة من الشرق إلى الغرب ، ثم تنحرف نحو الشمال في نصف الكرة الشمالي ونحو الجنوب في نصفها الجنوبي ، فإذا ما حدث ووصل بعضها إلى نطاق الرياح الغربية فإنه يغير اتجاه سيره تغيرا تاما . ويبدأ في التحرك من الغرب إلى الشرق ، وعندئذ يتلاشى الإعصار نهائيا أو يتحول إلى منخفض جوى عادى من نوع المنخفضات الجوية التي تظهر في المناطق المعتدلة .

وعند مقارنة خطوط سير الأعاصير المدارية بتوزيع مناطق الضغط الجوى العامة على سطح الكرة الأرضية ، نلاحظ أن هذه الأعاصير تدور في سيرها غالبا حول الأطراف الغربية لنطاقات الضغط المرتفع الدائمة فوق المحيطات وهي الأطراف التي تلتقى عندها نطاقات الضغط المذكورة بمناطق الضغط المنخفض التي تتكون في فصل الصيف على كتل اليابس .

ورغم أن هذه الأعاصير قد تظهر في أى شهر من شهور السنة فإنها تكثر بصفة خاصة في فصل الصيف والخريف ، وهما الفصلان اللذان يكون فيهما

نطاق الركود الاستوائى أبعد ما يكون عن خط الاستواء شمالا أو جنوبا، ولو أن موسم كثرتها قد يتغير نوعا ما في منطقة عنه في منطقة أخرى .

ويلاحظ أن المحيط الأطلسي الجنوبي يكاد يخلو تماما من الأعاصير المدارية ، وزبما كان السبب في ذلك هو أن منطقة الركود الاستوائى على هذا المحيط لا ترحزح إلى الجنوب من خط الاستواء في أى فصل من فصول السنة نتيجة لقلة مساحة اليابس بالنسبة لمساحة الماء في هذه المنطقة . وفيما يلي أهم المناطق التى تشتهر بأعاصيرها (انظر الجدول رقم ٧) .

١ — بحر الصين : ويبلغ متوسط مايتابه من الأعاصير سنويا حوالى ٢٢ إعصارا يحدث معظمها في يوليو وأغسطس وسبتمبر واکتوبر ، ويعتبر سبتمبر أكثر الأشهر تعرضا لها حيث تبلغ نسبة ما يصيبه منها ١٩٪ من المتوسط السنوى . وإن كنا نجد في هذه المنطقة بالذات أن جميع أشهر السنة معرضة لحلوئها .

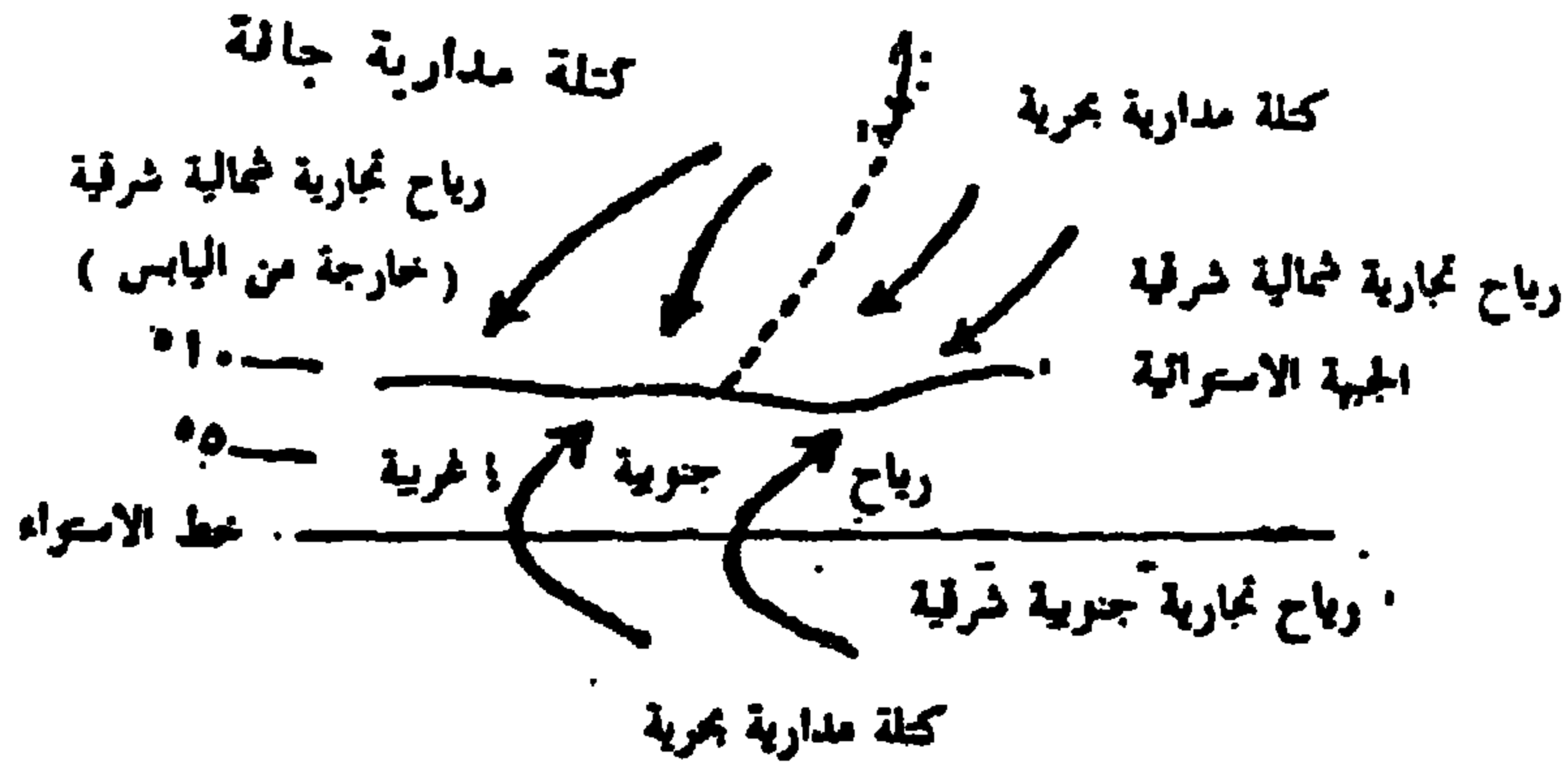
٢ — خليج البنغال : ويتابه سنويا حوالى عشرة أعاصير يبدأ موسمها في يونيو وينتهى في نوفمبر . وهى تكثر بصفة خاصة في يوليو وأغسطس وتبلغ نسبة مجموع ما يحدث فيها معا حوالى ٣٧٪ من المتوسط السنوى ، وتنعدم تقريبا في يناير وفبراير ومارس .

٣ — جزر الهند الغربية : ويصيبها حوالى ستة أعاصير في السنة ، ويبدأ موسمها في يونيو وينتهى في نوفمبر . وأكثر الأشهر تعرضا لها هى شهرا سبتمبر واکتوبر إذ تبلغ نسبة مجموع ما يحدث فيها حوالى ٤٦٪ من المتوسط السنوى ، أما الفترة التى تنهى في مايو فتعدم فيها الأعاصير تماما .

٤ — جنوب المحيط الهندي (إلى الشرق من مدغشقر) : ويظهر هنا حوالى ستة أعاصير سنويا ، يبدأ موسمها في ديسمبر وينتهى في أبريل . وتبلغ نسبة ما يحدث منها في فبراير وحده حوالى ٢٩٪ من المتوسط السنوى . وتختفى الأعاصير تقريبا فيما بين يونيو واکتوبر .

٥ — البحر العربى : وبصيه حوالى إعصارين سنويا ، واحتمال ظهور الأعاصير هنا له موسمان يبدأ الأول منهما فى أبريل وينتهى فى يوليو ، ويبدأ الثانى فى سبتمبر وينتهى فى يناير .

٦ — جنوب المحيط الهادى (حول جزر فيجى وكوينزلاند) : ونصيه فى المتوسط إعصاران سنويا ، وأكثر الأشهر تعرضا لها هى ديسمبر حتى أبريل .



شكل (٤٤) نشأة الأعاصير المدارية فى منطقة التقاء ثلاث كتل هوائية
(Horrock, 1952, P. 226)

٧ — ٣ — ٤ — الترنادو TORNADO

يطلق اسم الترنادو على نوعين مختلفين: من الأعاصير ، يظهر الأول منهما فى غرب إفريقيا على ساحل غانة بالقرب من خط الاستواء ويطلق عليه عادة اسم الترنادو الإفريقى ، وهو ينشأ عندما تلتقى رياح المارماتان الجافة التى تهب من الصحراء الكبرى فى الشمال بالرياح الموسمية الرطبة التى تهب من الجنوب . ويكون مصحوبا ببرق ورعد شديدين وأمطار تنهمر بغزارة متتامة ، وكثيرا ماتسبب عنه أضرار كثيرة .

جداول (٧) متوسط عدد الأعاصير المدارية في المناطق المختلفة وتوزيع النسب المئوية لها على أشهر السنة

متوسط العدد في السنة	النسب المئوية لتوزيعها										
	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر
بحر الصين	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
خليج البنغال	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
جزر الهند الغربية	١	٦	٣١	٣٢	١٥	١٩	١٩	١٦	١٦	١٨	١٦
جنوب المحيط الهادئ (شرق مدغشقر)	١٣	٤	١	١	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
البحر العربي	٤	١٨	٢٢	٤	٧	٢٥	١١	٣	٩	٢٠	٢٩
جزر فيجي كورنوالاند	٧	١	٢	٣	٠	٦	٤	٠	٩	٢٢	١٨
جنوب المحيط الهادئ	٧	١	٢	٣	٠	٦	٤	٠	٩	٢٢	١٨

أما النوع الثاني من الترنادو، وهو في الواقع النوع المشهور الذي يقصد غالبا ذكر هذا الاسم ، فيظهر في المناطق المعتدلة داخل نطاق بعض المنخفضات بوية العادية ، ويتميز بأنه صغير الحجم جدا ، فالمنطقة التي يغطيها لا يزيد لها في الغالب على ١,٥ كيلومتر ، وقد ينخفض أحيانا إلى ١٠٠ متر ط . ورغم صغر حجمه بهذا الشكل فإنه يعتبر أشد أنواع الأعاصير فتكا دمرًا ، ويرجع ذلك لسببين هما :

أولا - سرعة دوران الهواء حول مركز الأعصار بدرجة لايزال من استحيل قياسها ، ولكنها تقدر بأكثر من ٣٠٠ عقدة في الساعة في غالب أحيان .



شكل (٤٥) منظر لقمع السحاب ونافورة الماء اللذين يظهران عند مرور الترنادو

ثانياً — انخفاض الضغط الجوى فى وسط الإعصار انخفاضا غير مألوف . ولا يعرف بالضبط مدى هذا الانخفاض ، حيث أن الترنادو يزيل كل ما يكون فى طريقه من معالم ويدمر كل شئ بما فى ذلك أجهزة الرصد . ومن الغريب أنه بينما يدمر الترنادو جميع ما يقع فى طريقه من معالم الحياة ومظاهر العمران ، فإن هذا التدمير يقتصر عادة على شريط ضيق يزيد عرضه على قطر دائرة الترنادو نفسها ، بينما يظل كل ما حولها سليما إلى حد كبير .

ويغلب أن ينشأ هذا النوع من الأعاصير على اليابس فى فصل الربيع والصيف خصوصا فيما بعد الظهر ، وهو يتحرك عادة من الغرب إلى الشرق فى خط مستقيم تقريبا ، وذلك بسرعة تتراوح ما بين ٢٠ و ٤٠ عقدة فى الساعة ، ولكنه يتلاشى غالبا بعد تحركه مسافة ٣٠ كيلومتر فقط ، وإذا مر هذا الإعصار على البحر فإن المياه تضطرب اضطرابا شديدا ، وقد تخرج من سطح الماء نافورة يصل ارتفاعها أحيانا إلى أكثر من ٥٠ مترا وقطرها حوالى ٨ أمتار ، كما يتدلى من السحاب مخروط طويل يمتد نحو الأرض . شكل (٤٥) ، وظهر هذا المخروط يعتبر دائما نذيرا باقتراب الترنادو ، وهاتان الظاهرتان يكثر حدوثهما فى خليج المكسيك .

وأكثر بلاد العالم تعرضا لهذا النوع من الأعاصير هى الولايات المتحدة خصوصا فى حوض المسيسي ، وهى تنشأ هنا نتيجة لتقابل تيارين من الهواء أحدهما حار رطب يهب من ناحية خليج المكسيك ، والثانى بارد جاف يهب من ناحية الشمال .

التبخر ورطوبة الهواء

٨ - ١ - تمهيد - (الحالات التى يوجد بها الماء فى الجو) .

٨ - ٢ - من التبخر .

٨ - ٢ - ١ - تعريفه .

٨ - ٢ - ٢ - أهميته .

٨ - ٢ - ٣ - العوامل التى تتحكم فى التبخر .

٨ - ٢ - ٤ - قياس التبخر أو حسابه .

٨ - ٣ - التتح .

٨ - ٤ - التبخر الكلى .

٨ - ٥ - رطوبة الهواء .

٨ - ٥ - ١ - طرق التعبير عنها .

٨ - ٥ - ٢ - طرق قياسها .

٨ - ٥ - ٣ - أهميتها .

التبخر ورطوبة الهواء

٨ — ١ — تمهيد — (الحالات التي يوجد بها الماء في الجو) :

يوجد الماء في الجو في حالة أو أكثر من ثلاث حالات هي : الحالة الغازية (بخار) ، والحالة السائلة (ماء) والحالة الصلبة (ثلج) . ولكنه قد يتحول من أية حالة من هذه الحالات الثلاث إلى أية حالة من الحالات الأخرى نتيجة لإحدى العمليات الآتية :

١ — التبخر Evaporation : وهو التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية .

٢ — التكثف Condensation ، وهو التحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة .

٣ — التسامي Sublimation ، وهو التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة ، كما هي الحال مثلاً عند حدوث التبخر من سطح الجليد في الأقاليم القطبية .

٤ — الترسيب Deposition ، وهو التحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة مباشرة ، دون المرور بالحالة السائلة ، كما يحدث أحياناً عند تكون الصقيع نتيجة لمبوط مفاجيء في درجة الحرارة إلى مادون درجة التجمد Freezing Point (صفر مئوي أو 32° ف) أو عند تجمد البخار أحياناً .

٥ — التجمد (أو التبلور) Freezing (أو Crystallisation) وهو يحدث عندما تنخفض درجة الحرارة إلى مادون الصفر ، ولكن يجب ألا يفهم من هذا أن التجمد لابد أن يحدث بمجرد حدوث هذا الانخفاض ، إذ إن الماء قد يبقى

سائلا حتى بعد برودته إلى درجات منخفضة جدا قد تصل إلى —
مئوية^(١) . ويوصف الماء الذى يبقى سائلا فى درجة حرارة أدنى من درجة
الصفر المتوى بأنه دون البارد Subcooled أو Supercooled . ولكن مثل هذا
الماء يكون دائما عرضة للتجمد بسرعة خصوصا إذا تلامس مع أى ثلج .
وسمى هذا أن الدرجة التى يتجمد فيها الماء ليست دائما ثابتة . ولكنها على أى
حال لا يمكن أن تزيد على الصفر المتوى . فهذا الصفر هو فى الواقع الحد الأعلى
للحرارة التى يبقى فيها الثلج صلبا ، ولكنه من ناحية أخرى ليس الحد الأدنى
للحرارة التى يبقى فيها الماء سائلا .

٦ — الانصهار Melting أو Fusion ، وهو التحول من الحالة الصلبة إلى
الحالة السائلة . وهو يحدث دائما بمجرد ارتفاع درجة الحرارة عن الصفر
المتوى ، ونظرا لأن هذه الدرجة هى الحد بين بداية التجمد وبداية الانصهار
فإنها يمكن أن تسمى درجة التجمد أو درجة الانصهار . ولكن بينما قد يبقى
الماء سائلا تحتها فى بعض الحالات فإن الثلج لابد أن يبدأ فى الانصهار بمجرد
الارتفاع عنها .

(١) Meteorological Office (London) , Met. O. 707, A Course in Elementary Meteorology ,
1962, p. 42.

٨ - ٢ - التبخر

٨ - ٢ - ١ - تعريفه :

التبخر ، كما ذكرنا آنفا ، هو تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وانطلاقه ، وهو في هذه الحالة إلى الجو ، وهو عبارة عن عملية فيزيقية ، كما أن التكثف وهو عكس التبخر ، عبارة عن عملية فيزيقية أخرى يتم بمقتضاها تحول البخار من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة . وتحدث هاتان العمليتان نتيجة لظاهرة طبيعية معروفة ، وهي أن أى جسم مائى مهما كان حجمه ، سواء أكان نقطة مائية دقيقة عالقة بالجو أو بأحد الأجسام ، أو غشاء رقيقا حول حبة صغيرة من الرمل أو محيطا عظيم الضخامة ، يتكون من جزيئات Molecules دائمة الحركة . وفي أثناء تحركها ينطلق بعضها من الجسم المائى إلى الهواء المجاور ، ويعود بعضها الآخر من الهواء إلى الجسم المائى ، فإذا كانت الجزيئات المنطلقة من الجسم المائى أكثر من الجزيئات العائدة إليه من الهواء يكون معنى هذا أن هناك تبخرا ، أما إذا كانت الجزيئات العائدة من الهواء أكثر من الجزيئات الواصلة إليه فمعنى هذا أن هناك تكثفا ، وتتوقف سرعة التبخر أو التكثف على مقدار الفرق بين العمليتين .

٨ - ٢ - ٢ - أهميته :

يعتبر التبخر حلقة أساسية في الدورة المائية العامة ، ولولاه لما تحولت مياه البحار والمحيطات إلى مياه عذبة يعيش عليها كل ما هو حي على الأرض ، بل إن الثلوج التى تكسو مساحات واسعة من العالم ما كان لها أن تتكون لو لم يكن هناك تبخر من مياه البحار والمحيطات ، فلولا التبخر لما تكونت السحب ولما سقطت الأمطار ولما تكون الندى أو الضباب أو أى مظهر آخر من مظاهر التكثف فى الطبيعة .

ولكن بجانب هذه الأهمية الكبرى فإن التبخر له من ناحية أخرى بعض

السليبات ، ولو في حالات خاصة، إذ أنه يتسبب في ضياع كميات كبيرة من مياه الأنهار والبحيرات ، ومياه التربة والنباتات لدرجة تؤدي إلى عجز الميزانية المائية لكثير من المناطق ، أو إلى رفع نسبة الرطوبة في الهواء في بعض الأيام الحارة بصورة تجعل الجو ثقيلًا مرهقًا حتى أنه قد لا يكون صالحًا للعمل وبذل الجهد في بعض الأحيان .

ويحدث معظم التبخر ، الذي له دخل كبير في المناخ ، من سطح البحار والمحيطات التي تعتبر المصدر الرئيسي لكل المياه الموجودة في الجو أو على سطح اليابس أو في طبقات القشرة الأرضية . إلا أن التبخر يحدث كذلك بكميات كبيرة من النباتات والأنهار والبحيرات ومن سطح التربة ، بل ومن أي سطح آخر يحتوي على أي مقدار من الماء. ولو في صورة جليد .

وبخار الماء هو أحد المواد التي توجد دائما عالقة بالهواء حتى في أشد الأماكن جفافا ، إلا أن نسبته تتباين تباينا كبيرا من مكان إلى آخر . وعلى الرغم من أن نسبة الوزن الكلي لبخار الماء العالق بجو الأرض تقدر عموما بنحو ٥٪ فقط من الوزن الكلي للهواء فإن هذه النسبة الصغيرة هي المسؤولة عن كل مظاهر التكثف وعن كل المياه التي تسقط على سطح الأرض أو تتجمع في التربة وطبقات القشرة الأرضية ، ولولاها لما وجدت الحياة على الأرض ولكان مناخها مختلفا تمام الاختلاف عن المناخ الموجود فعلا .

٨ - ٢ - ٣ - العوامل التي تتحكم في التبخر :

تدخل في عملية التبخر ، سواء من سطح الماء المكشوف أو من سطح التربة ، عوامل متعددة بعضها عوامل مناخية مثل الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء والرياح والضغط الجوي ، وبعضها الآخر مرتبط بحالة الجسم المائي أو حالة التربة التي يحدث منها التبخر . وليس من الممكن تحديد الدور الذي يقوم به أي عامل من العوامل التي تتحكم في التبخر تحديدا مستقلا عن الأدوار التي تقوم بها العوامل الأخرى ، لأن العوامل كلها تعمل مع بعضها بصورة معقدة ومتشابكة ، وكل ما يمكن عمله هو تقدير

النتيجة النهائية العامة لكل آثارها مجتمعة . ومع ذلك فقد أثبتت الدراسات والتجارب أن تأثير بعض العوامل أقوى وأوضح من تأثير بعضها الآخر . وفيما يلي شرح موجز للعلاقة بين التبخر وبين العوامل التي تؤثر فيه ، وهي :

أ — العوامل المناخية ب — العوامل المتعلقة بحالة الماء .

ج — العوامل المتعلقة بحالة التربة .

أ — العوامل المناخية :

١ — الإشعاع الشمسي : وهو أهم العوامل المؤثرة في التبخر على الإطلاق ، فقد أثبت التجارب التي أجريت حتى الآن أن الدور الذي يقوم به يفوق كثيرا الدور الذي يقوم به أى عامل آخر منفرد . وقد تبين من هذه التجارب وجود علاقة طردية واضحة بين قوة الإشعاع الشمسي والتبخر .

درجة الحرارة : فهي التي تحدد درجة حرارة السطح الذي يحدث منه التبخر ، وحرارة هذا السطح هي التي تحدد بدورها سرعة انطلاق الجزيئات منه إلى الجو . وكما هي الحال بالنسبة للإشعاع الشمسي فإن العلاقة بين درجة الحرارة والتبخر علاقة طردية واضحة . ولدرجة الحرارة فضلا عن ذلك تأثير آخر غير مباشر يحدث عن طريق تأثيرها على الرطوبة النسبية للهواء ، وهذه الرطوبة لها بدورها تأثير قوى على التبخر ، كما يتضح من الفقرة التالية .

٣ — الرطوبة النسبية للهواء : فالتبخر يحدث طالما أن الهواء لم يصل إلى درجة التشبع ، وتتوقف سرعة التبخر على مقدار الفرق بين الرطوبة النسبية الفعلية للهواء وبين رطوبته النسبية عندما يصبح مشبعا تماما وهي ١٠٠٪ . فالهواء الذي رطوبته النسبية ٣٠٪ مثلا يكون أكثر ملائمة لنشاط التبخر من الهواء الذي رطوبته النسبية ٤٠٪ ، ويتناقص نشاط التبخر كلما اقتربت الرطوبة النسبية من حدها الأقصى وهو ١٠٠٪ ، وعندئذ يتوقف التبخر تماما . ومن المعروف أن انخفاض درجة حرارة الهواء يؤدي إلى زيادة رطوبته النسبية ، بينما يؤدي ارتفاعها إلى نقص هذه الرطوبة ، وهذا يفسر لنا أحد الأسباب

المهمة لتناقص التبخر نتيجة لانخفاض درجة الحرارة ، وتزايد نتيجة لارتفاعها .

الرياح : ويرجع تأثيرها إلى أنها قد تزيج من فوق السطح المائي طبقة الهواء التي تكون رطوبتها النسبية مرتفعة بسبب ما اكتسبت من بخار الماء وتأتي بدلا منها بهواء أكثر جفافا من اليابس المجاور مما يؤدي إلى زيادة نشاط التبخر . وكلما زادت سرعة الرياح كان تأثيرها أكبر ، وخصوصا إذا كانت مساحة السطح المائي صغيرة نسبيا . ومن الطبيعي أن سكون الهواء فوق السطح المائي يتبعه تزايد تدريجي في رطوبته النسبية ويتبعه بالتالي تناقص تدريجي في نشاط التبخر .

هـ - الضغط الجوي : فمن البديهي أن ارتفاع الضغط الجوي يعطل إلى حد ما سرعة انطلاق الجزيئات من الماء أو التربة إلى الجو ، بينما يساعد انخفاضه على زيادة هذه السرعة ، وبالتالي على زيادة نشاط التبخر ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الضغط الجوي له كذلك آثار غير مباشرة على التبخر ، فهو مثلا يؤدي إلى ضعف الرياح أو قوتها ، وهذا يؤثر بدوره على نشاط التبخر . والواقع أن الآثار غير المباشرة للضغط الجوي أهم بكثير من آثاره المباشرة .

ب - العوامل المتعلقة بحالة المياه :

بالإضافة إلى العوامل المناخية التي سبق شرحها فإن حالة المياه التي يحدث منها التبخر من حيث الملوحة والعمق والمساحة لها علاقة مباشرة بعملية تبخر ، فزيادة الملوحة تؤدي إلى تناقص سرعة التبخر ، ويقدر أن هذا التناقص يحدث بمعدل واحد في المائة لكل واحد في المائة زيادة في درجة الملوحة ، أما عمق المياه فيرجع أثره إلى أن تأثير كل من أشعة الشمس ودرجة الحرارة يكون أقوى وأسرع على المياه الضحلة منه على المياه العميقة ، ولذلك فإن زيادة الإشعاع وارتفاع درجة الحرارة يظهر أثرهما بسرعة على المياه الضحلة ، بينما يتأخر ظهور هذا الأثر نوعا ما في المياه العميقة . أما مساحة

سطح الماء فيرجع دورها إلى أن أثر الرياح يكون أقوى على المساحة الصغيرة منه على المساحة الواسعة ، ففي حالة المساحة الصغيرة قد يؤدي أى تحرك للهواء إلى ازاحة الهواء الرطب نسبيا وإحلال هواء جاف محله من اليابس المجاور ، بينما قد يبقى هواء المساحة المائية الواسعة فوقها مدة أطول مما يؤدي إلى زيادة رطوبته النسبية ، وبالتالي إلى تناقص سرعة التبخر .

جـ - العوامل المتعلقة بحالة التربة :

تتحكم في التبخر من سطح التربة نفس العوامل المناخية التي تتحكم في التبخر من سطح المياه المكشوفة ، ولكن التبخر من سطح التربة يتأثر إلى جانب ذلك بحالة التربة نفسها وظروفها من حيث البلولة والنسيج والتركيب ، ووجود طبقة مائية قريبة أو بعيدة عن سطحها ، ووجود غطاء نباتي أو جليدي فوقها . ومن أهم الملاحظات الخاصة بهذا الموضوع ما يأتي :

١ - إذا كانت التربة مبللة باستمرار وبدرجة كافية فقد يكون التبخر من سطحها معادلا تقريبا للتبخر من سطح مائي مساو له في المساحة ، ولكن التبخر من التربة يأخذ في التناقص كلما تناقصت درجة البلولة حتى يتوقف عندما تصبح التربة جافة تماما .

٢ - يكون التبخر أنشط في التربة الناعمة ، مثل التربة الطينية أو الصلصالية ، منه في التربة الخشنة مثل التربة الرملية ، لأن دقة مسام الطين والصلصال تساعد على ارتفاع المياه في التربة من أسفل إلى أعلى بتأثير الخاصية الشعرية "Capillary action" ، ولذلك فكلما تبخر الماء من سطحها ، ارتفع إلى هذا السطح ماء جديد من أسفل طالما كانت الطبقة السفلى منه مبللة بعكس التربة الخشنة التي تحتفظ طبقاتها السفلى بمياهها لمدة أطول بسبب ضعف تأثير الخاصية الشعرية .

٢ - يساعد وجود طبقة مائية تحت التربة على زيادة التبخر ، وكلما كانت هذه الطبقة قريبة من السطح كان تأثيرها أكبر .

٤ — تساعد النباتات على حماية التربة من التبخر المباشر ، وكلما كان الغطاء النباتي كثيفا كان تأثيره أكبر ، ومع ذلك فإن عملية النتج من النباتات تؤدي إلى ضياع مقادير كبيرة من مياه التربة ، حيث تمتص المياه بواسطة الجذور وتنطلق إلى الجو من مسام النباتات ، وإذا كانت التربة مغطاة بطبقة من بقايا النباتات المتراكمة ، كما يحدث غالبا في مناطق الغابات ، فإن هذه الطبقة تحمي التربة كذلك من التبخر .

٥ — إذا كانت التربة مكسوة بغطاء من الجليد فإن هذا الغطاء يساعد على حمايتها من التبخر حماية تكاد تكون تامة .

٦ — يتأثر التبخر بلون التربة ، والمعتاد هو أن يكون في التربة السوداء أو الداكنة أسرع منه في التربة الفاتحة ، لأن اللون الداكن يساعد على امتصاص الحرارة ويساعد بالتالي على نشاط التبخر .

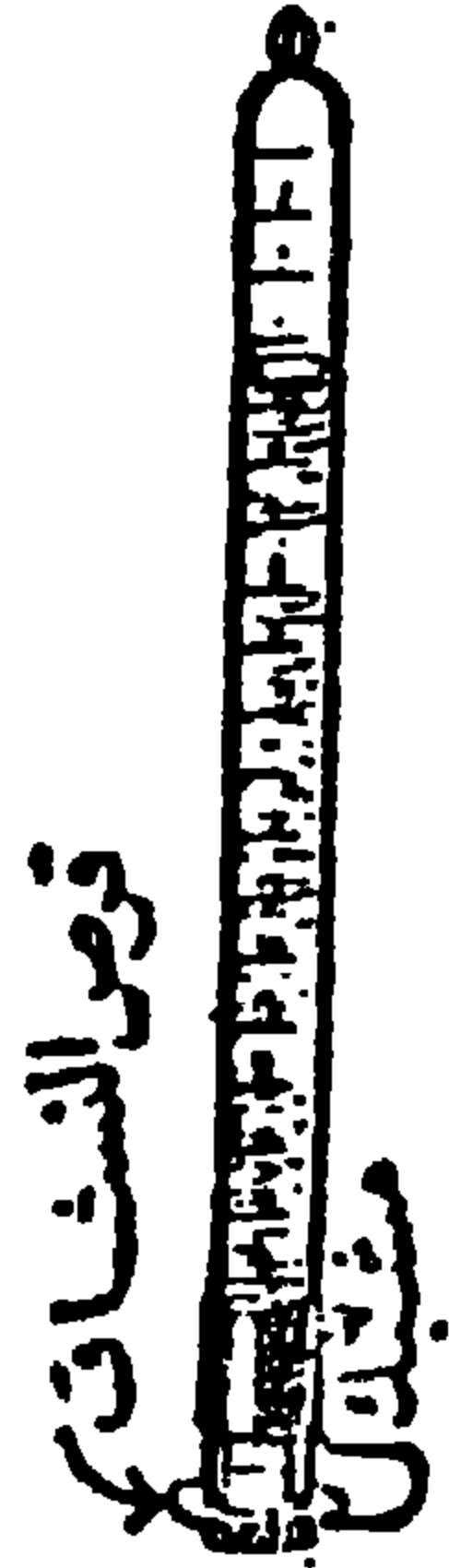
٨ - ٢ - ٤ — قياس التبخر أو حسابه :

يُقاس التبخر بواسطة أجهزة خاصة يطلق عليها عموما اسم مقاييس التبخر "Evaporimeters" ، ويوجد منها نوعان رئيسيان هما :

١ — نوع يقاس بواسطة التبخر من سطح مائي مكشوف ، ويستخدم فيه حوض معدني اتساعه خوالى ستة أقدام مربعة وعمقه حوالى قدم ونصف . وعند استخدامه يملأ الحوض بالماء ويعرض للجو ، ثم يقاس الانخفاض الذى يطرأ على سطح الماء به من حين إلى آخر . والجهاز القياسى المستخدم في محطات الأرصاد الجوية الأمريكية ، والمستخدم كذلك في كثير من محطات العالم العربى هو الجهاز المعروف باسم « Class A Pan »

٢ — نوع يقاس بواسطة التبخر من سطح مبلل بالماء . مثل ورقة من الجفاف أو أى مادة أخرى مشابهة له . ومن أبسط الأجهزة التى من هذا النوع وأشهرها الجهاز المعروف بجهاز « Piche » ، وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية مدرجة توضع منكسة بعد أن تملأ بالماء . ويثبت فوق فوهتها قرص

من الجفاف ، فالذى يحدث فى هذه الحالة هو أن الماء يتبخر من سطح ورقة الجفاف التى تمتص بدورها الماء من الأنبوبة فينخفض ارتفاع الماء بها ، وتدل سرعة هذا الانخفاض فى فترة معينة على نشاط علمية التبخر أو بطئها ، (شكل ٤٦) .



شكل (٤٦) مقياس التبخر (يشى)

ولكن يلاحظ أن طريقة قياس التبخر بواسطة أى نوع من الأجهزة السابقة تشوبها بعض العيوب التى تقلل كثيرا من قيمتها للدراسات الجغرافية وغيرها ، فالتائج التى أمكن الحصول عليها حتى الآن بواسطة هذه الطريقة لاتمثل فى الغالب ما يحدث فى الطبيعة فعلا ، لأنها لاتراعى بعض العوامل المهمة التى تتحكم فى تبخر المياه من سطح الأرض أو من سطح البحار والمحيطات ، ومنها سرعة الرياح واتساع المسطحات المائية وعمق المياه فيها ، ثم نوع التربة ، ودرجة رطوبتها وغير ذلك . ومن أهم عيوب هذه الطريقة أيضا أن الأجهزة التى تستخدم فى المحطات المختلفة يتباين بعضها عن بعض ، لافى أنواعها فحسب ، بل وفى تصميم أجهزة النوع الواحد وطريقة استخدامها والظروف التى تستخدم فيها . ومن الغريب أنه لا يوجد حتى الآن جهاز واحد متفق عليه

دوليا لقياس التبخر كما هي الحال في قياس درجة الحرارة أو الضغط الجوي مثلا^(١). ولذلك فإن النتائج القليلة التي تنشرها بعض محطات الأرصاد للتبخر يجب ألا ينظر إليها إلا على أنها نتائج تقريبية فقط ويجب أن نكون حريصين عندما نقارن بعضها ببعض أو نستخدمها لرسم خريطة نبين عليها توزيع التبخر في أي منطقة من المناطق. والواقع أن التبخر يعتبر من الظواهر المناخية التي لا توجد لها خرائط عامة موثوق بها في الوقت الحاضر، وذلك باستثناء الخرائط القليلة التي رسمها بعض الجغرافيين أو علماء المناخ لتوزيع التبخر بصورة تقريبية جدا في بعض دول أوروبا وأمريكا.

ولتلافى العيوب الكثيرة التي تشوب قياس التبخر بواسطة الأجهزة التي سبقت الإشارة إليها، رأى بعض الباحثين في علوم الطبيعة أنه من الممكن الحصول على تقديرات قريبة من الصحة للتبخر إذا أمكن إيجاد معامل الارتباط بينه وبين العناصر الأخرى التي تتحكم فيه. فهذه الطريقة يكون من السهل تقدير التبخر إذا عرفنا نتائج قياس أو تقدير هذه العناصر، فإذا استعطينا مثلا أن نوجد معامل الارتباط بين درجة الحرارة والتبخر، فالتنا نستطيع أن نقدر على أساسه سرعة التبخر في أي درجة حرارة معينة، وهذا بالطبع على فرض أن الحرارة هي العنصر الوحيد الذي يتحكم في التبخر، وهذا غير صحيح كما ذكرنا. وقد اقترح بعض الباحثين في دول مختلفة مثل إنجلترا وألمانيا وأمريكا عدة معادلات وطرق رياضية من هذا النوع لحساب التبخر^(٢). ولو أن العناصر والعوامل التي بنيت عليها هذه المعادلات تختلف اختلافا واضحا من

(١) "Report on Standard Methods of Measurements of Evaporation", Journal of the Institute of Water Engineers, vol. 2, 1948, pp. 97-299.

(٢) Thornthwaite, C. W. "An Approach Towards Rational Classification of Climate", Geog. Rev, vol. 38, 1948 pp 59-39.

Penman, H.L. "Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass" Proceedings of the Royal Society, Series A, vol, 193, 1948. PP. 120-45.
& "Evaporation over the British Isles" Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, vol, 79, 1950, PP 59-65 and PP., 372-385

معادلة إلى أخرى . وفضلا عن ذلك فإن كل المعادلات تقريبا معقدة بدرجة لاتشجع الباحث الجغرافي على الاستفادة بها في دراساته .

ويمكن القول على أية حال أن طريقة التقدير الرياضى للتبخر تشوبها هي الأخرى عيوب وتعترضها صعوبات لاتقل في خطورتها عن العيوب والصعوبات التي تشوب وتعترض طريقة قياس التبخر بواسطة الأجهزة ، وبكفى أن نشير إلى ماسبق أن ذكرناه من أن العناصر التي تتحكم في التبخر ليست معروفة بالضبط ، كما أن الدور الذي يلعبه كل عنصر منها ليس محددًا تحديدا دقيقا ، وفضلا عن ذلك فإن كثيرا من هذه العناصر نفسها ، ومن أهمها الرطوبة النسبية أو ضغط بخار الماء في الجو لاتوجد لها بيانات دقيقة في الوقت الحاضر ، لعدم وجود أجهزة مضمونة لقياسها ، ولذلك فإنها هي الأخرى تحسب بطرق رياضية معقدة تكون نتائجها غالبا تقريبية .

وأخيرا يجب أن نوجه النظر إلى أن نتائج قياس التبخر في أى منطقة من المناطق لايدل في معظم الأحيان على مايجد في الطبيعة فعلا ، لأن هناك فرقا بين مايتبخر من سطح المنطقة في ظروفها العادية ومايمكن أن يتبخر منها إذا فرض وكان سطحها مغطى باستمرار بالماء ، وهذا في الواقع هو مايدل عليه نتائج القياس بالأجهزة المختلفة . ففي الصحارى الحارة مثلا تدل نتائج القياس على أن معدل ارتفاع طبقة المياه التي تتبخر سنويا يزيد على ٧٠٠ سنتيمتر ، ولكن هل هذا هو مايتبخر فعلا من سطح هذه الصحارى ؟ من الواضح أن الإجابة على ذلك يجب أن تكون بالنفى لسبب بسيط ، وهو أن الصحراء لايمكن أن تتوفر فيها هذا القدر من الماء لكي يتبخر .

٨ - ٣ - النتح TRANSPIRATION

يعتبر النتح من أهم العمليات التي تنطلق بواسطتها مقادير عظيمة جدا من بخار الماء في الجو، إذ أن المياه تخرج باستمرار من مسام أوراق جميع النباتات تقريبا ثم تتحول إلى بخار. ويطلق على عملية خروج المياه من مسام أوراق النباتات بهذا الشكل اسم « النتح » ويمكننا أن نتصور عظم كمية بخار الماء التي تنطلق في الجو بهذه العملية، إذا عرفنا أن مقدار الماء الذي يخرج بواسطة النتح من عود واحد من الذرة يزيد في اليوم الواحد على عشرة أرتال^(١)، ويحدث ذلك في الفترة التي يكون فيها النبات قد وصل إلى أوج نموه.

وقياس النتح ليس بأقل من أن لم يكن بأكثر صعوبة وتعقيدا من قياس التبخر ولو أن بعض الباحثين في علم النبات استطاعوا أن يحصلوا على نتائج تقريبية بواسطة غمل تجارب في المعمل على نباتات معينة، ولكن هذه النتائج لا يمكن أن تدل على النتح من النباتات المختلفة في بيئاتها الطبيعية التي قد تختلف من نواح كثيرة عن البيئة الصناعية التي يمكن توفيرها في المعمل لإجراء التجربة، وهذا فضلا عن أن النباتات تتاين فيما بينها تباينا كبيرا فيما يختص بمقدرتها على النتح لأن هذه العملية تتوقف على عوامل كثيرة، منها شكل الأوراق وحجمها وحجم النبات وكذلك نوع التربة ودرجة رطوبتها، ودرجة حرارة الجو والرطوبة النسبية للهواء وسرعة الرياح. ولكننا إذا ما استثنينا العوامل الخاصة بحجم النبات نفسه وشكل أوراقه تلاحظ أن العوامل التي تتحكم في النتح هي على وجه التقريب نفس العوامل التي رأينا أنها تتحكم في التبخر، ومن أهمها الإشعاع الشمسي، ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والرياح والضغط الجوي. ومن الطبيعي أنه كلما كثرت النباتات التي تغطي سطح الأرض زادت كمية المياه التي تضيع بالنتح من أوراقها.

(1) Kimble G., " The Weather 1951," Pelican Book P. 76.

والتجارب التي تستخدم لتقدير النتح من النباتات كثيرة وأغلبها معقد ، ولن نحاول هنا أن ندخل في شرحها ، خصوصا وأن معظم نتائجها مازالت غير مؤكدة ، ولكننا يمكن أن نشير باختصار إلى أن معظم هذه التجارب تدخل تحت أحد نوعين رئيسين هما :

١ - تجارب تجرى على النبات وهو حي في مراحل نموه المختلفة ، لتقدير ما يخرج منه من المياه بالنتح ، ويكون ذلك بوضع النبات في غرفة خاصة يمكن أن يقاس ما يطرأ على رطوبة الهواء في داخلها من تغير .

٢ - تجفيف النبات أو جزء منه ، وإيجاد الفرق بين وزنه وهو حي ووزنه بعد أن يجف ، ويمكن أن يتخذ هذا الفرق أساسا لتقدير النتح من هذا النبات ، وقد أجريت تجارب من هذا النوع على بعض النباتات في كلورادو بأمريكا الشمالية ، فظهر أن وزن ما يخرج منها بالنتح طول موسم نموها يكون كما هو مبين في الجدول (٨)^(١) .

جدول (٨) معدل وزن الماء الذي يخرج بالنتح من بعض النباتات أثناء موسم نموها (من أبريل إلى ٢٠ سبتمبر)

شوفان	قمح	ذرة	ذرة رفيعة	
٦٠٢	٥١١	٤٨٤	٨٥٨	١٧٣
				معدل النتح (أرطال ماء لكل رطل واحد من أوراق النبات وهي جافة) .

٨ - ٤ - التبخر الكلي Evapotranspiration أو Total Evaporation

المقصود بالتبخر الكلي هو مجموع ما يضيع من مياه أية منطقة من المناطق نتيجة للتأثير المشترك للتبخر من سطح المياه والتربة والنتح من النباتات ، ولذلك فإن بعض الباحثين يطلقون عليه ببساطة تعبير التبخر الكلي Total

(١) Shantz, H L., & Plumeisel L. N., « The Water Requirements of Plants at Akron Colorado, » Journal of Agricultural Researches, vol. 34. 1927 No.12 pp.

Evaporation . أما تعبير Evapotranspiration فكان قد استخدمه لأول مرة الباحث الأمريكي ثورنثويت^(١) في سنة ١٩٤٨ وكونه من كلمتي Evaporation و Transpiration . وكان قد تبين له ، كما تبين لغيره من الباحثين ، أن هذين العاملين هما أهم عاملين يتحكمان في تحديد القيمة الفعلية للأمطار ، وأنهما متلازمان دائما في أية منطقة تنمو بها أية حياة نباتية . ونظرا لأن العوامل الرئيسية التي تتحكم فيهما واحدة تقريبا وأنه لا يوجد أى حد فاصل بين الدور الذى يلعبه أحدهما والدور الذى يلعبه الآخر فقد اقترح ثورنثويت معالجتهما كعنصر واحد وتحديد الأثر العام لهما معا بدلا من محاولة تجديد كل منهما على حدة ، خصوصا وأن هذا الأثر العام هو الذى يحدد فعلا المقدار الكلى لما يضيع من المياه ، ويحدد بالتالى القيمة الفعلية لها .

وقد كانت الفكرة الأولى هي البحث عن طريقة لتقدير أو قياس كمية ما يضيع فعلا بواسطة التبخر الكلى ، ولكن ثورنثويت رأى أنه لا يكفى أن تعرف كمية المياه التى تضيع من المنطقة فعلا بالتبخر الكلى ، بل يجب كذلك معرفة الكمية التى يمكن أن تضيع بنفس الطريقة لو فرض وأصبحت المنطقة وفيرة المياه بدرجة تبقى معها التربة مبللة باستمرار ومكسوة في نفس الوقت بغطاء نباتى متصل . وقد أطلق ثورنثويت على التبخر الكلى في هذه الحالة تعبير Potential Evapotranspiration الذى سنسميه « التبخر الكلى الأقصى » .

وقد أصبحت دراسة التبخر الكلى الفعلى والأقصى من الدراسات الأساسية في معظم مشروعات التنمية التى تعتمد بصفة أساسية على المياه مثل مشروعات استخدام الأرض للزراعة . وفضلا عن ذلك فقد أمكن الاستعانة بها في التنبؤ باحتمالات حدوث الفيضانات أو حالات القحط في بعض مناطق العالم ،

Thornthwaite C. W., "An Approach Towards a Rational

-(١)-

Classification of Climate .", Geographical Review,

vol. 38. pp. 55- 94 1948

وراجع الحدود التى اقترحها ثورنثويت للأقاليم النباتية.

وكذلك في دراسة نظام تصريف المياه والميزانية المائية في بعض أحواض الأنهار .

وهناك وسيلتان لمعرفة كمية المياه التي تضيع فعلا بالتبخر الكلي أو « بالتبخر الكلي الأقصى » إحداهما هي التقدير الرياضى المبني على دراسة معاملات الارتباط بين التبخر الكلي من جهة والعوامل التي تتحكم فيه وأهمها درجة الحرارة والإشعاع الشمسى من جهة أخرى . وقد اقترحت لهذا الغرض بعض المعادلات إلا أن دراستها لاتدخل في مجال دراستنا الحالية . أما الوسيلة الثانية لمعرفة التبخر الكلي فهي طريقة القياس بواسطة الأجهزة التي اقترحت لهذا الغرض . وتعرف الأجهزة التي تستخدم لقياس التبخر الكلي الفعلى ، باسم ليزيمترات "Lysimeters" ، أما الأجهزة التي تستخدم لقياس التبخر الكلي الأقصى فتعرف باسم "Evapotranspirometers" . .

ويلاحظ أن قياس « التبخر الكلي الأقصى » أيسر إلى حد ما من قياس « التبخر الكلي الفعلى » ، لأن قياس « التبخر الكلي الفعلى » تتدخل فيه ظروف طبيعية لا يمكن التحكم فيها ومنها ظروف المناخ وظروف التربة والنبات ، أما قياس « التبخر الكلي الأقصى » فيمكن إجراؤه في ظروف صناعية يمكن التحكم فيها ، ومن الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض مثلاً جهاز مكون من ثلاثة أحواض يملأ اثنان منها بتربة مغطاة تماماً بالحشائش وموصلان من أسفل بأنابيب تنهى في صفائح محفوظة في الحوض الثالث . وفائدة الأنابيب والصفائح هي تجميع المياه التي تتسرب خلال التربة . وطريقة استخدام هذا الجهاز هي أن ترش المياه بسرعة معينة فوق سطح التربة بحيث تبقى دائماً مغطاة بالماء إلى ارتفاع ثابت . فالذى يحدث في هذه الحالة هو أن بعض المياه تنطلق إلى الجو بالتبخر والنتح أما الباقي فيتسرب في التربة ويتجمع في الصفائح . وتستخرج كمية المياه التي ضاعت بالتبخر والنتح في مدة معينة بطرح كمية المياه التي تجمعت في الصفائح من الكمية الكلية التي أضيفت إلى التربة ، وبديل الناتج على كمية « التبخر الكلي الأقصى » من هذه التربة ، ومن أى مساحة مماثلة من التربة في نفس الظروف .

٨ - ٥ - رطوبة الهواء

HUMIDITY OF THE AIR —

٨ - ٥ - ١ — طرق التعبير عنها :

ويمكن التعبير عن رطوبة الهواء بعدة طرق لكل منها مصطلح خاص بها ،
وأهمها :

١ — الرطوبة المطلقة Absolute humidity ، وهي وزن بخار الماء الموجود في متر مكعب من الهواء بالجرامات ، ويمكن حسابها بتمرير كمية معينة من هذا الهواء في مادة كيميائية يمكنها امتصاص كل ما به من بخار . ويدل الفرق بين وزن هذه المادة قبل تمرير الهواء وبعده على وزن بخار الماء الذي كان عالقا به .

٢ — الرطوبة النوعية Specific humidity ، وهي النسبة بين وزن بخار الماء الموجود في حجم معين من الهواء إلى الوزن الكلي لهذا الهواء ، فإذا كان وزن هذا الهواء كيلوجراما واحدا وكان وزن بخار الماء الموجود به ١٥ جراما فإن رطوبته النوعية تكون ١٥ جراما في كل كيلوجرام (١٥ جم / كجم) .

٣ — ضغط بخار الماء Vapour Pressure ، وهو الضغط الذي يسببه بخار الماء الموجود في الجو ، وهو ضغط جزئي لا يدخل فيه ضغط الهواء الجاف أو ضغط أى غاز آخر من الغازات التي تدخل في تركيب الهواء . وهو يقاس بنفس الوحدات التي يقاس بها الضغط الجوي . وهي المليبار والبوصة الزئبقية أو الستيمتر الزئبقى . ويبلغ ضغط بخار الماء أقصاه عندما يكون الهواء مشبعا تماما به .

٤ — الرطوبة النسبية Relative humidity ، وهي التي تهمننا بصفة خاصة في دراسة المناخ ، والمقصود بها هو النسبة المئوية لوزن بخار الماء الموجود في

الهواء إلى ورن ما يستطيع نفس هذا افواء أن يحمله لكي يصل إلى حالة التشبع وهو في نفس درجة الحرارة .

ويلاحظ أن مقدرة الهواء على حمل بخار الماء تتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته بمعنى أنه كلما ارتفعت درجة حرارته زادت قدرته على حمل مقادير جديدة من بخار الماء .

٥ — درجة الندى Dew Point : وهي الدرجة الحرارية التي يصبح عندها الهواء عاجزاً عن حمل كل ما به من بخار الماء فيبدأ بعضه في التكثف بأية صورة من صور التكثف المعروفة، ومنها السحب والأمطار والضباب والندى والثلج . وهذه الدرجة لا تختلف كثيراً عن الدرجة التي يصبح عندها الهواء مشبعاً تماماً بالبخر .

ومن الواضح أن الانخفاض الحراري الذي يلزم لتوصيل الهواء إلى درجة الندى يتوقف إلى حد كبير على رطوبته النسبية ، فكلما كانت هذه الرطوبة مرتفعة كان الانخفاض الحراري اللازم لتوصيله إلى درجة الندى بسيطاً . ومن الممكن أن تحسب درجة الندى للهواء بتجربة بسيطة وذلك بأن نضع كمية من الماء في كوب من النحاس الأملس الرقيق ، ففى هذه الحالة ستكون درجة حرارة الكوب هي نفس درجة حرارة الماء . فلو أضفنا إلى الماء تدريجياً بعض قطع الثلج مع تقليلها باستمرار سنلاحظ أن جزيئات دقيقة من بخار الماء المتكثف من الجو قد بدأت تتراكم على الجدار الخارجي للكوب وتكسوه بطبقة تشبه الضباب ، فلو قيست درجة حرارة الماء في الكوب عند بدء تكون هذه الطبقة فأنها تكون هي نفس درجة الندى .

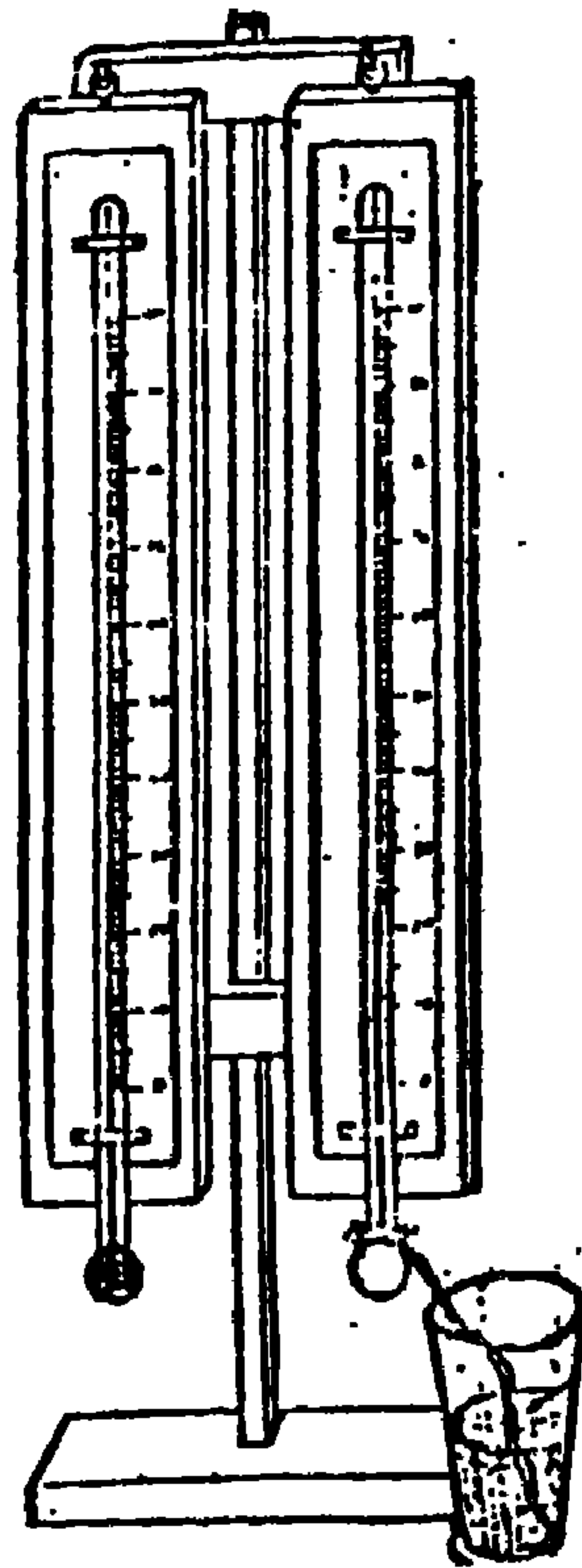
٨ — ٥ — ٢ قياس الرطوبة النسبية :

تقاس الرطوبة النسبية بواسطة عدة أجهزة أهمها :

(١) السيكرومتر Psychrometer ، (٢) الهيجرومتر ذو الشعر Hair

hygrometer ، (٣) الهيجروجراف Hygograph

السيكرومتر (شكل ٤٧) : يتركب هذا الجهاز من ترمومترين عاديين مركبين على قاعدة خاصة ، ولكن أحدهما معرض للجو مباشرة ويطلق عليه اسم « الترمومتر الجاف » أما الآخر فتلف فقاعته بواسطة قطعة قماش رقيقة مبللة باستمرار ، ولذلك فانه يسمى « الترمومتر المبلل » ، فالذى يحدث في هذه الحالة هو أن الماء يتبخر من قطعة القماش فينتج عن ذلك انخفاض في درجة الحرارة التى بينها هذا الترمومتر ، لأن التبخر ، كما هو معروف ، يستغذ بعض الحرارة . ولما كان من الثابت أن التبخر يكون أنشط في الجو الجاف منه في الجو الرطب وأن سرعة التبخر تتناقص كلما زادت الرطوبة النسبية فان الفرق بين درجتى الحرارة اللتين بينهما الترمومتران يمكن أن يتخذ أساسا لتقدير الرطوبة النسبية ، وقد أعدت لهذا الغرض جداول خاصة مثل الجدول رقم (٩) ومنها تقرأ الرطوبة النسبية بمقابلة قراءتى الترمومترين . ولكن هذا الجهاز له



شكل (٤٧) السيكرومتر (الترمومتر الجاف والترموتر المبلل)

جدول (٩) حساب الرطوبة النسبية من قراءات الترمومتر الجاف والترمومتر المبلل بالدرجات المئوية

الرطوبة النسبية	١٠٠	٩٥	٩٠	٨٥	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥	٠
١٠																					
١١																					
١٢																					
١٣																					
١٤																					
١٥																					
١٦																					
١٧																					
١٨																					
١٩																					
٢٠																					
٢١																					
٢٢																					
٢٣																					
٢٤																					
٢٥																					
٢٦																					
٢٧																					
٢٨																					
٢٩																					
٣٠																					
٣١																					
٣٢																					
٣٣																					
٣٤																					
٣٥																					
٣٦																					
٣٧																					
٣٨																					
٣٩																					
٤٠																					
٤١																					
٤٢																					
٤٣																					
٤٤																					
٤٥																					
٤٦																					
٤٧																					
٤٨																					
٤٩																					
٥٠																					

بعض العيوب ومنها أنه لا يصلح لقياس الرطوبة النسبية إذا كانت درجة الحرارة أقل من درجة التجمد ، لأن الثلج في هذه الحالة يتراكم فوق فقاعتى الترمومترين .

ولقد ابتكر من السيكرومتر نوع كهربائى يمكن أن تنقل قراءته إليكترونيا إلى أى مكان داخل مبنى محطة الرصد ، دون الحاجة إلى الخروج إلى الخلاء لقراءته ، ولهذا السبب فقد أعطى اسم « تيلي سيكرومتر » Telepsychrometer .

الهيجرومتر ذو الشعر : وهو جهاز تقوم فكرته على أساس مقدار ما يطرأ على حزمة من شعر الإنسان من تمدد أو تقلص تبعاً لتغير نسبة الرطوبة في الهواء ، فالمعروف أن شعر الإنسان يتقلص في الهواء الجاف ويمدد كلما زادت الرطوبة ، ولذلك فإن الجزء المهم في هذا الجهاز هو حزمة مكونة من عدة خصلات من الشعر ، ومثبت في هذه الحزمة سن ريشة يتحرك أمام مسطرة مقسمة إلى مائة قسم من صفر إلى ١٠٠ ، فعندما تتغير نسبة الرطوبة يتحرك سن الريشة تبعاً لتمدد حزمة الشعر أو تقلصها ، ويدل الرقم الذى يثبت أمامه على الرطوبة النسبية . ومن عيوب هذا الجهاز أن تأثير تغير الرطوبة على حزمة الشعر لا يحدث في نفس اللحظة التى يحدث فيها هذا التغير في الهواء بل يتخلف عنه قليلاً ، وهى مسألة يجب تقديرها .

الهيجروجراف : يعتمد هذا الجهاز على نفس الفكرة التى يعتمد عليها الهيجرومتر ذو الشعر . وأهم فرق بينهما هو أن الهيجروجراف يسجل التغيرات التى تطرأ على الرطوبة النسبية تسجيلاً آلياً مستمراً على خريطة مقسمة تقسيماً خاصاً . وتثبت هذه الخريطة على أسطوانة تدور بواسطة ساعة أمام سن ريشة ، كما هى الحال في الترموجراف والباروجراف .

٨ — ٥ — ٣ — أهمية الرطوبة النسبية :

من الواضح أن كمية الرطوبة في الهواء تتوقف قبل كل شيء على وجود مصادر مائية يمكن أن ينطلق منها بخار الماء ، وأهم هذه المصادر هى المحيطات

والبحار وغيرها من المسطحات المائية والترتبة المبللة والغطاءات النباتية . فكلما زادت مساحة هذه المصادر زادت كمية البخار في الهواء ، وزادت تبعا لذلك مظاهر التكثف ، ومن الطبيعي أن ترتفع الرطوبة النسبية كلما اقترب المكان من ساحل البحر وأن تكون مرتفعة بصفة خاصة في الجزر الصغيرة .

وبالإضافة إلى أهمية الرطوبة النسبية كمعصر مناخى فإن لها كذلك آثارا فسيولوجية على كل الكائنات الحية التى تعيش على الأرض . فكل كائن حي يرى يحتاج إلى وجود نسبة ولو ضئيلة من بخار الماء فى الجو الذى يعيش فيه . وتباين هذه النسبة تباينا كبيرا من كائن إلى آخر . ومع ذلك فإن معظم الكائنات يمكنها أن تقاوم نقص الرطوبة فى الجو بواسطة بعض الوظائف الفسيولوجية ، ومن أهمها إفراز العرق الذى يعمل على ترطيب الجلد فى الجو الجاف ، وخصوصا إذا كان هذا الجو حارا ، حيث أن نقص رطوبة الهواء فى مثل هذا الجو عن الحد المطلوب يؤدي إلى جفاف الجلد وشعور الإنسان بالضيق . أما فى الجو البارد فإن قدرة الجلد على إفراز العرق تكون محدودة جدا بسبب تقلص مسامه ، وفى مثل هذا الجو يتعرض جلد الوجه والأيدى والأجزاء الأخرى المكشوفة إلى التقشف أو التشقق .

ومن الثابت أن قدرة الإنسان على تحمل الارتفاع فى درجة الحرارة يرتبط ارتباطا وثيقا برطوبة الهواء . ويطلق على درجة الحرارة التى يحس بها الإنسان فعلا تعبير « درجة الحرارة المحسوسة *Sensible temperature* » ففى الجو الحار يلجأ الجسم إلى مقاومة الحرارة الشديدة عن طريق إفراز العرق الذى يؤدي تبخره على الجلد إلى خفض درجة الحرارة التى يحس بها الجسم فعلا عن درجة حرارة الجو . وكلما زاد إفراز العرق زاد الفرق بين الحرارة المحسوسة وحرارة الجو . ولما كانت قدرة الجسم على إفراز العرق تتناقص كلما ارتفعت الرطوبة النسبية فمن الطبيعي أن يؤدي هذا الارتفاع أيضا إلى ارتفاع الحرارة المحسوسة وإلى زيادة الشعور بالضيق .

التكثف ومظاهره

- تمهيد — تعريف التكثف ومسبباته ومظاهره .
- ٩ — ١ — مظاهر التكثف عند سطح الأرض أو البحر .
- ٩ — ١ — ١ — الضباب .
- ٩ — ١ — ٢ — الندى .
- ٩ — ١ — ٣ — الصقيع .
- ٩ — ٢ — مظاهر التكثف في المستويات المرتفعة .
- ٩ — ٢ — ١ — السحب .
- ٩ — ٣ — التساقط (المطر) .
- تمهيد — تعريف التساقط وأشكاله .
- ٩ — ٣ — ١ — أنواع المطر .
- عواصف الرعد
- التساقط الصلب .
- ٩ — ٣ — ٢ — قياس التساقط .
- مشكلات قياس المطر (التساقط السائل) .
- مشكلات قياس التساقط الصلب .
- ٩ — ٣ — ٣ — استكمال النقص في إحصاءات المطر .
- ٩ — ٣ — ٤ — التباين في كميات المطر السنوية والشهرية .
- ٩ — ٣ — ٥ — حساب كمية مياه المطر على أى منطقة .
- ٩ — ٣ — ٦ — نظم المطر .
- ٩ — ٣ — ٧ — توزيع الأمطار على سطح اليابس .

التكثف ومظاهره

تمهيد — تعريف التكثف ومسبباته ومظاهره :

التكثف هو تحول البخار من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة أو شبه السائلة ، وهو يبدأ في الهواء بمجرد انخفاض درجة حرارته إلى درجة الندى ومادونها . . وتساهم في حدوثه عدة عوامل أهمها : فقدان الهواء لحرارته بالإشعاع ، أو ملامسته لسطح بارد ، أو انتقاله من منطقة دافئة إلى أخرى باردة ، أو ارتفاعه إلى أعلى نتيجة لتسخينه عند سطح الأرض أو لصعوده فوق حافات جبلية أو لصعوده فوق هواء أبرد منه^(١) .

وتنقسم مظاهر تكثف بخار ماء الجو إلى مجموعتين هما :^(٢)

- أ — مظاهر تحدث عند سطح الأرض أو البحر، وتشمل الضباب بدرجاته المختلفة والندى والصقيع .
- ب — مظاهر تحدث في أعلى التروبوسفير وتشمل السحاب والتساقط بمختلف أشكاله .

ويختلف الشكل الذي يأخذه بخار الماء المتكثف على حسب مدى انخفاض درجة الحرارة ، وعلى حسب المستوى الذي يحدث فيه التكثف ، وهو يأخذ أحد الأشكال الآتية :

- ١ — شكل قطرات مائية دقيقة تظل عالقة بالهواء ويتكون منها الضباب عند سطح الأرض والسحاب في المستويات الأعلى .
- ٢ — بشكل نقط مائية مختلفة الأحجام يتكون منها المطر ، والندى .
- ٣ — مواد ثلجية صلبة منها البرد والثلج اللذان يتكونان في المستويات المرتفعة ، والصقيع الذي يتكون عند سطح الأرض .

(١) عبد العزيز طريخ — المقدمات في الجغرافيا الطبيعية — الاسكندرية ص ٢٣٤ — ٢٥

(٢) نفس المرجع ص ٢٣٥ — ٢٣٩

٩ - ١ - مظاهر التكثف عند سطح الأرض أو البحر :

٩ - ١ - ١ - الضباب :

وهو بخار الماء المتكثف في الهواء المجاور لسطح الأرض أو البحر بشكل قطرات دقيقة تظل ساجمة في الهواء بكميات يترتب عليها تقليل مدى الرؤية Visibility إلى أقل من كيلومتر ، وقد يكون الضباب خفيفا بحيث يسمح بالرؤية إلى بضعة كيلومترات ، ويطلق عليه في هذه الحالة اسم « الشبورة » أو كثيفا بحيث تنعدم فيه الرؤية تماما .

ويتكون الضباب على البر وعلى البحر على حد سواء حيثما تتوفر عوامل تكونه ، فضباب البر يتكون عندما ينتقل هواء دافئ رطب إلى منطقة سطحها بارد ، أو عندما يؤدي الإشعاع الأرضي ، وخصوصا أثناء الليل وفي الصباح الباكر إلى برودة سطح الأرض والهواء المجاور له ، أو في قاع الأودية التي يتجمع فيها الهواء البارد المنحدر من المرتفعات المجاورة . وفي كل الأحوال يجب أن يكون الهواء ساكنا حتى لايتشتت الضباب أثناء تكونه أو بعد تكونه . ويضم ضباب البر عدة أنواع على حسب الأماكن التي يتكون فيها ، فمنه ضباب الأودية وضباب المنحدرات الجبلية وضباب المدن .

ويعتبر ضباب المدن بالذات من أشهر أنواع الضباب التي لها علاقة بحياة السكان لما يترتب عليه من مخاطر على وسائل النقل والمواصلات وعلى الصحة العامة ، وهو يتكون نتيجة لفقدان سطح الأرض حول المدن الكبيرة لحرارته بالإشعاع مما يؤدي إلى برودة الهواء المجاور له وتكثف بخار الماء العالق به ، وتساعد كثرة الغبار وغيره من الملوثات الصلبة في جو بعض المدن وخصوصا المدن الصناعية على تكون الضباب الذي يكون مختلطا في بعض الأحيان بالدخان ، ويطلق عليه في هذه الحالة اسم الضباب الدخاني Smog . وقد اشتهرت بعض المدن

* Smog - كلمة مكونة من مقطعين مأخوذين من كلمتي Smoke و Fog

الكبرى بهذا النوع من الضباب ، وكانت له في بعض الأحيان آثار سيئة جدا على صحة السكان ، ومثال ذلك الضباب الدخاني الذي غطى مدينة لندن في عام ١٩٥٢ وأدى إلى وفاة حوالي أربعة آلاف من السكان . وذلك لأن مثل هذا الضباب يكون عادة مختلطا ببعض الغازات السامة التي تخرج من مداخن المصانع مثل أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وغيرها .

أما ضباب البحر فيتكون عادة حيثما يلتقي تياران أحدهما بارد والآخر دافئ كما يحدث عند التقاء تيار لبرادور البارد بتيار الخليج الدافئ عند شبه جزيرة نيوفونديلاند ، أو عند هبوب هواء بحري دافئ من داخل المحيط فوق مياه ساحلية باردة نسبيا^(١) ، كما هي الحال أمام سواحل جنوب غربي أفريقيا، وشيلي وبيرو ومراكش وكاليفورنيا .

٩ - ١ - ٢ الندى :

وهو قطرات الماء التي تتكون أثناء الليل وفي الصباح الباكر على أوراق الأشجار وزجاج النوافذ وأجسام السيارات نتيجة لتكثف بخار ماء الهواء عليها ، بسبب سرعة فقدان هذه الأجسام لحرارتها بالإشعاع ، وكلما كان الجو صافيا والهواء ساكنا ساعد ذلك على تكون الضباب ، ويشترط لتكونه أن تنخفض درجة حرارة الأجسام المعرضة للجو إلى أقل من درجة الندى .

٩ - ١ - ٣ الصقيع :

المقصود بالصقيع بمعناه الدقيق هو تحول بخار ماء الهواء من الحالة الغازية إلى بلورات ثلجية على النباتات والأجسام الأخرى المختلفة نتيجة لهبوط درجة الحرارة بشكل مفاجيء ، أو سريع إلى درجة التجمد أو دونها . وكثيرا ما يؤدي الهبوط الحراري المفاجيء إلى تحول بخار الماء إلى ثلج مباشرة ، وفي هذه الحالة يكون خطر الصقيع على النباتات أشد من خطره المعتاد .

(١) عبد العزيز طريح شرف : المقدمات في الجغرافيا الطبيعية - مرجع سبق ذكره - ص ٣٣٦

ولكن يلاحظ أن كلمة « صفيح » تستخدم أحيانا في الوقت الحاضر للدلالة على أى انخفاض مفاجئ أو سريع في درجة حرارة الهواء إلى درجة التجمد ، حتى ولو لم يؤد هذا الهبوط إلى تكون الثلج .

٩ - ٢ - مظاهر التكثف في مستويات مرتفعة عن سطح الأرض أو البحر

٩ - ٢ - ١ - السحب CLOUDS

هي تجمعات من بخار الماء المتكثف في الجو بشكل قطرات مائية دقيقة ، وقد تختلط بها جزيئات دقيقة كذلك من الثلج إذا كانت درجة الحرارة في مستوى السحب دون درجة التجمد . وقد تكون السحابة كلها مكونة من هذه الجزيئات الثلجية .

ولا تختلف السحب المكونة من قطرات مائية في مظهرها وتركيبها العام كثيرا عن الضباب ، والفارق الرئيسي بينهما هو أن السحاب يتكون في طبقات من الجو متباعدة الارتفاع عن سطح الأرض ، بينما يتكون الضباب فوق سطح الأرض أو البحر مباشرة . والذي ييسر له الصعود في طائفة تخرق طبقة السحاب يلاحظ أن السير فيها لا يختلف في أى شيء عن السير في الضباب على الأرض ، وكثيرا ما ترتفع الطائرات فوق مستوى السحب فتطير في جو صاف تماما وعندئذ يمكن رؤية السحب تسبح في الهواء من تحتها .

ومن أهم ما يميز به السحاب عن الضباب أيضا ، أن الأول يتكون في كثير من الأحيان نتيجة لنشاط التيارات الهوائية الصاعدة في الجو ، وقد سبق أن أشرنا عند الكلام على الضباب إلى أن التيارات الصاعدة تعتبر من العوامل التي تحول دون تراكمه ، وإذا حدث أن نشطت هذه التيارات بعد تكونه ، فإنها إما إن تبدده تماما ، أو ترفعه إلى أعلى حيث يتحول إلى سحاب .

وللسحب تأثير مهم على المناخ ، لأنها هي مصدر الأمطار والثلوج التي

تسقط نحو الأرض، كما أنها تؤثر على الاشعاع الشمسي والأرضي وتحدد مقدار ماينفذ بواسطتهما من حرارة الشمس إلى الأرض أو من حرارة الأرض إلى الطبقات العليا من الجو ، فهي أثناء النهار تحجب جانبا من حرارة الشمس عما يقع تحت ظلها من سطح الأرض ، أما أثناء الليل فانها تكون بمثابة غطاء يحول دون وصول الإشعاع الأرضي إلى طبقات الجو العليا ، فتحتفظ الأرض وطبقات الهواء المحصورة بينها وبين قاعدة السحب بمعظم حرارتها .

وللسحب كذلك تأثير هام على حياة النبات والحيوان والإنسان ، لأنها تحجب ضوء الشمس الذي يعتبر ضرورة من أهم ضرورات الحياة ، ففي بعض جهات شمال وغرب أوروبا مثلا تنتشر بعض الأمراض التي يصاب بها الانسان نتيجة لنقص أشعة الشمس ، ومنها مرض الكساح عند الاطفال (لين العظام) ، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى كثرة احتجاب الشمس بواسطة السحب في معظم أيام السنة ، خصوصا في نصف السنة الشتوى . ويستعان على تعويض هذا النقص بتعاطى بعض الأدوية التي تحتوى على فيتامين (D) الذى تساعد أشعة الشمس على تكوينه في الجسم * وبالنسبة لحياة النباتات نلاحظ أن كثرة ضوء الشمس في بعض المناطق تساعد على سرعة نمو ونضج بعض المحاصيل ، فمما لاشك فيه أن وفرة ضوء الشمس أثناء فصل الصيف في العروض العليا هي العامل الرئيسي الذى ساعد كلا من كندا وروسيا على زراعة بعض محاصيل المناطق المعتدلة في أراضيها الواقعة إلى الشمال من الدائرة القطبية ، على الرغم من قصر فصل النمو هناك ، وسنعود مرة أخرى لتوضيح هذه الحقيقة عند الكلام على القيمة الفعلية لدرجة الحرارة في باب الجغرافيا النباتية .

توزيع السحب في العالم :

من الممكن توزيع السحب في العالم بواسطة خرائط تبين عليها المعدلات الشهرية والسنوية كما هي الحال في توزيع الظواهرات المناخية الأخرى ، ويكون

* يعتبر زيت السمك من أشهر هذه الأدوية لأنه يحتوى على نسبة عالية من فيتامين د (D)

- ذلك برسم خطوط تصل بين الأماكن ذات الكمية المتساوية من السحب ،
ومن خرائط التوزيعات المختلفة يمكننا أن نسجل بعض الملاحظات العامة
على توزيع السحب فوق سطح الكرة الأرضية منها :
- ١ - أن المناطق الصحراوية في القارات المختلفة ، مثل الصحراء الكبرى
وصحارى بلاد العرب وأستراليا وغيرها هي أقل جهات العالم نصيبا
من السحب .
 - ٢ - أن أكثر الجهات سحبا في نصف الكرة الشمالى هي شمال أوروبا وشمال
المحيطين الهادى والأطلسى .
 - ٣ - تقل السحب نوعا ما في المناطق القطبية ، والسحب التى يمكن أن
تظهر هنا كلها من النوع الخفيف نظرا لقلة بخار الماء فى الجو ، ويعتبر
هذا من العوامل التى ساعدت على وفرة ضوء الشمس أثناء فصل
الصيف فى هذه المناطق .
 - ٤ - فى الأقاليم الموسمية تكثر السحب فى موسم الأمطار ولكنها تكاد تنعدم
تماما فى موسم الجفاف الذى يقع فى نصف السنة الشتوى .
 - ٥ - فى وسط أوروبا تكثر السحب فى فصل الصيف وتقل فى الشتاء ، بينما
يحدث العكس فى حوض البحر المتوسط .
 - ٦ - تكثر السحب فى الأقاليم الاستوائية ، ويكون ذلك غالبا فيما بعد الظهر
من كل يوم نتيجة لنشاط التيارات الصاعدة .
 - ٧ - أن السحب تزداد على البحار والمحيطات عنها فوق اليابس .

ويمكننا أن نلاحظ بناء على التوزيع السابق ، أن موسم ازدياد السحب فى
الأقطار المختلفة هو نفس موسم زيادة الأمطار ، وهذا أمر طبعى لأن الظاهرتين
مرتبطتان تمام الارتباط .

انواع السحب : تظهر السحب بأشكال متعددة يختلف بعضها عن بعض في المظهر العام والسبك وطريقة التكوين والارتفاع عن سطح الأرض، وفيما يصاحبها من مظاهر جوية . ولتسهيل دراستها ورصدها فإنها تقسم عادة على أساس مظهرها العام إلى عشرة أنواع متفق عليها دوليا ، وتقسم هذه الأنواع على حسب الارتفاع إلى أربع مجموعات رئيسية . ولكن يلاحظ مع ذلك أنه لا توجد حدود دقيقة واضحة يمكن أن تفصل الأنواع بعضها عن بعض سواء في الشكل أو الارتفاع ، وكثيرا ما يظهر نوعان أو أكثر مع بعضهما في وقت واحد ، مما يجعل من الصعب على الشخص العادي غير المدرب أن يميزها عن بعضها .

وفيما يلي وصف مختصر لكل نوع من الأنواع العشرة المذكورة في الجدول (١٠) للمعاونة على تمييزها بصفة عامة عند مشاهدتها .

١ — سحب السمحاق : (شكل ٤٨) — وهي سحب مرتفعة مكونة من جزئيات صغيرة من الثلج ، وتظهر عادة بشكل خصلات رفيعة مكونة من الشعر ، أو بشكل أذنان الخيل أو الريش أو القطن المندوف . وهي أعلى أنواع السحب حيث يصل ارتفاعها أحيانا إلى عشرة كيلومترات أو أكثر ، وهي لا تحجب أشعة الشمس ولا يظهر لها ظل على الأرض ، ومن صفاتها المميزة أن لونها يتغير على حسب موقعها في قبة السماء ، وعلى حسب وقت ظهورها ، فعن السحب الحمراء والوردية والصفراء التي تظهر في الأفق عند الشروق وعند الغروب .

جدول (١٠) المجموعات والانواع الرئيسية للسحب

الارتفاع متوسط	السحب ورموزها ^(١)	المجموعة
يتراوح ارتفاعها بين ١٠ كيلومترات و ١٥ كيلومترا . ولكن هذا الارتفاع ليس واحدا في جميع العروس ، فهو عند القطبين أقل بصفة عامة منه قرب خط الاستواء ، وتكون غالبا من بلورات للجليد .	١ - سمحاق (سروس) Ci Cirrus ٢ - سمحاق ركامي (Cc) Cirrocumulus ٣ - سمحاق طبقي (Cc) Cirrostratus	(أ) مجموعة السحب العالية High Level Clouds
يتراوح ارتفاعها بين كيلومترين وثمانية كيلومترات	٤ - الركام متوسط الارتفاع Ac Altocumulus ٥ - الطبقة متوسط الارتفاع As Altostratus ٦ - المنز الطبقى Ns Nimbostratus	(ب) مجموعة السحب متوسطة الارتفاع Middle Level Clouds
يقل ارتفاعها عادة عن كيلومترين وقد يحدث أن تبط قاعدتها لتصل إلى سطح الأرض فتظهر بشكل ضباب . تظهر قاعدتها في منطقة السحب المنخفضة وتمتد رأسيا إلى أعلى فتصل قمتها إلى منطقة السحب المتوسطة أو السحب العالية على حسب درجة غموها .	٧ - الركام الطبقي Sc Stratocumulus ٨ - الطبقي St Stratus ٩ - الركام Cb Cumulus ١٠ - المنز الركامي Cumulonimbus	(ج) مجموعة السحب المنخفضة Low Level Clouds (د) مجموعة السحب ذات النمو الرأسى Clouds with vertical level development

(١) الاسماء اللاتينية للسحب هي المستخدمة في جميع الدول تقريبا وعند وضعها على خرائط الطقس يكتفى عادة بكتابة الحرفين الاولين منها ، وإذا كان الاسم مكونا من مقطعين فيكتب الحرف الاول من كل منهما ، فمثلا السمحاق أو السروس رمزه « Ci » والسمحاق الطبقي رمزه « Cs » .

٢ - سحب السمحاق الركامى « Cc » ، وهى سحب عالية رفيعة
وبيضاء متجانسة اللون تظهر بشكل طبقة مكونة من سحببات صغيرة تكاد
تكون مرتبة بنظام يجعلها تبدو بشكل موج ظاهر ، وقد تأخذ قاعدتها أشكالاً
ثدية ، وتتدلى منها أحيانا شعب أشبه بالذيول التى تتدلى فى الاتجاه الرأسى أو
فى اتجاه مائل . ويصاحبها كذلك ظهور أكليل حول قرص الشمس ، وقد
يظهر بعضها بمظاهر معينة عند الراصدين مثل سحب السمحاق الركامى ذات
المظهر العدسى Lenticular .



شكل (٤٨) سحب السمحاق (سروس)

٢ - سحب السمحاق الطبقي Cs - وهي كذلك من السحب العالية ، وتظهر بشكل طبقة شفافة يميل لونها إلى البياض وتغطي بها السماء كلها ، وأن كانت لا تحجب أشعة الشمس أو القمر تماماً، ولكنها تكون حول قرصها هالة دائرية تنشأ نتيجة لانعكاس الضوء على جزيئات الثلج التي تتكون منها السحب ، وقد لا تكون هذه الهالة تامة الاستدارة إذا لم تكن المساحة المحتجبة بالسحب من قبة السماء تسمح بذلك . وقد تكون السحب نفسها رقيقة بدرجة يصعب معها تمييزها إلا بوجود الهالة حول قرص الشمس .

والأنواع الثلاثة السابقة من السحب لا يصاحبها عادة هطول من أى نوع من الأنواع ، ولكن ظهورها في العروض المعتدلة يمكن أن يتخذ دليلاً على قرب اضطراب الجو ، لأنها تتكون عادة في مقدمة المنخفضات الجوية .

٤ - سحب السراكم متوسط الارتفاع «Ac» ، وهي سحب بيضاء أو رمادية اللون أو خليط منهما ، وقد تظهر بشكل طبقة رقيقة شفافة أو قاتمة ، أو بشكل سحبات صغيرة كروية أو اسطوانية تتشابك أطرافها أحياناً وتتكون منها صفوف أو تموجات تغطي السماء منظراً جميلاً (شكل ٤٩) - وهي ليست من السحب التي يصاحبها هطول من أى نوع .

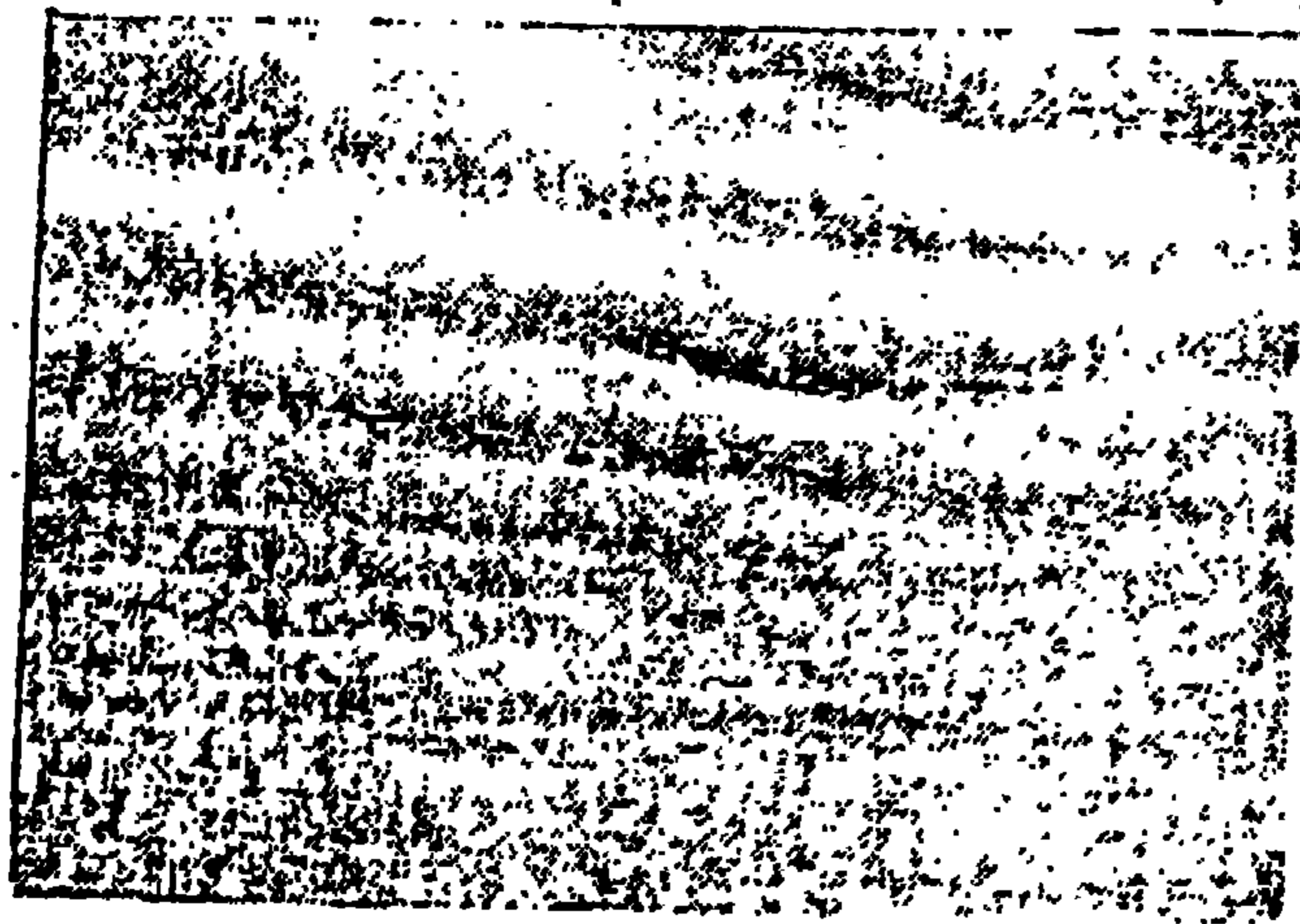


شكل (٤٩) سحب من النوع الركامى متوسط الارتفاع

٥ — السحب الطبقة متوسطة الارتفاع "As" وهي تظهر بشكل طبقة مخططة تحجب السماء بأكملها أو الجزء الأكبر منها ، ويختلف سمكها باختلاف الظروف ، فمنا ما يكون رقيقا شفافا لا يحجب الشمس ، ومنا ما يكون سميكاً معتماً ، والنوع السميك منها يصاحبه في المعتاد هطول من المطر أو الثلج أو خليط منهما .

٦ — سحب المزن الطبقي "Ns" — وهي سحب رمادية وغالبا ماتكون قائمة ، وتظهر بشكل طبقة متسعة تحجب الجزء الأكبر من السماء ، وهي أسمك بكثير من السحب الطبقي ، فيينا يكون أعلاها في مستوى السحب العالية فإن قاعدتها تكون في مستوى السحب المنخفضة . وهي من السحب التي يصاحبها هطول متصل أو متقطع من المطر أو الثلج أو البرد .

٧ — سحب الركام الطبقي "Sc" — شكل (٥٠) — وهي سحب منخفضة تميل إلى اللون الرمادي ، وتظهر عادة بشكل رقعة أو طبقة مكونة من قطع مربعة أو كروية أو اسطوانية الشكل تكون مرتبة عادة في صفوف أو في مجموعات ذات شكل تموجي ، وكثيرا ماتصل ببعضها لتكون منها طبقة مموجة وتتخللها فجوات تبدو منها زرقة السماء واضحة . وهي ليست من السحب الممطرة إلا في الحالات النادرة ، فقد يصاحبها هطول خفيف من المطر أو الثلج أو منهما معا .



شكل (٥٠) سحب من النوع الركامي الطبقي

٨ - السحب الطبقة "Si" وهى ، كما يفهم من اسمها تظهر بشكل طبقات تحجب السماء بأكملها ، ولا توجد لها حدود واضحة ، ويمكن تشبيهها بالضباب المرتفع . وهى من السحب المنخفضة ، وقد تصل قاعدتها فى بعض الأحيان إلى سطح الأرض فتظهر بشكل ضباب . وقد يحدث أن تتكون من الضباب نفسه عندما يرتفع بتأثير حرارة الشمس أو الرياح أو كليهما ، وهى من السحب التى قد يصاحبها هطول خفيف من الرذاذ أو حبيبات الثلج ، ويكون الهطول عادة متصلا أو متقطعا ولا يكون بصورة زخات .

وتنشأ هذه السحب بصفة عامة نتيجة لاختلاط أنواع من الهواء مختلفة فى درجة حرارتها ودرجة رطوبتها ، أو نتيجة لارتفاع الهواء ارتفاعا بطيئا إلى أعلى ، كما يحدث عند مرور الجبهات الدافئة للمنخفضات الجوية حيث يرتفع الهواء الدافئ فوق البارد على طول سطح الانقصال .

٩ - السحب الركامية « Cu » ، (شكل ٥١) ، وهى من السحب التى تنمو نموا رأسيا ، وتمتد قاعدتها فى منطقة السحب المنخفضة بينما تكون قممها فى منطقة السحب المتوسطة الارتفاع أو العالية ، وهى تبدو فى مظهرها كالقباب أو القلاع أو التلال المتحركة ، ويكون لونها رماديا داكنا على حسب



شكل (٥١) سحب ركامى قباب

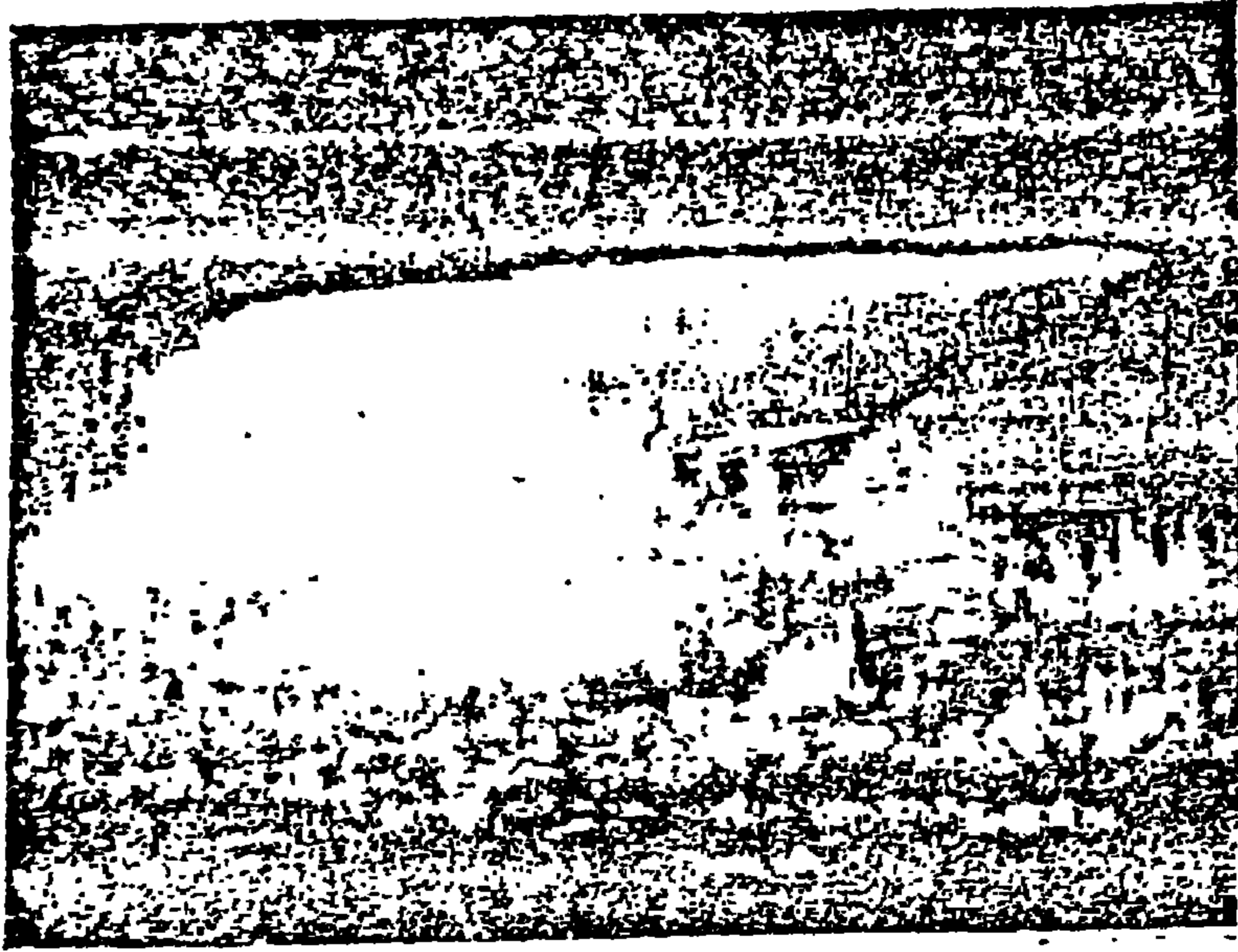
سمكها وكثافتها بينما تكون قممها بيضاء لامعة بفعل ضوء الشمس ،
وهي تتحرك في كتل منفصلة تمتد قاعدتها في مستوى أفقى بينما تكون أجزاؤها
العليا غالبا منتظمة بحيث تبدو بشكل زهرة القنيط . وهي تلقى عند تحركها
ظلالا كثيفة على سطح الأرض ، ولا يصاحبها غالبا هطول إلا عندما يكون
نموها الرأسى كبيرا كما يحدث عادة في الأقاليم الاستوائية . حيث تكون التيارات
الهوائية الصاعدة نشطة ، ويكون هذا الهطول بشكل زخات شديدة . وتعتبر
التيارات الهوائية الصاعدة السبب الرئيسى في تكوين هذا النوع من السحب
ولذلك فإنها تكون عادة أثناء النهار خصوصا فيما بعد الظهر .

١٠ - سحب المزن الركامى "Cb" - وهي من السحب الممطرة التى
يصاحبها غالبا حدوث عواصف رعد ، وسقوط زخات شديدة من المطر الذى
يكون مختلطا في بعض الأحيان بالثلج أو البرد . وهي تنمو نموا رأسيا ظاهرا
بحيث تصل قممها إلى منطقة السحب متوسطة الارتفاع ، بل وإلى منطقة السحب
العالية أحيانا . وهي تظهر في كل أو قطع ضخمة داكنة خصوصا عند



شكل (٥٢) سحب ركامى مغرق يظهر
في الجو الصحري

قاعدتها ، وتأخذ في نموها الرأسى شكل القباب أو الجبال أو القلاع العالية ، وقد تكون متفرقة أو متصلة ببعضها بشكل يجعلها أشبه بحائط عال كثيف . ومن مميزات أن قمتها تأخذ في كثير من الأحيان مظهرا سمحاقيا أو شعريا واضحا وتبدو القمة في هذه الحالة بشكل سندان أو شكل ريشة طائر ضخمة (شكل ٥٣)




شكل (٥٣) سحب مزن كامي

توضيح كمية السحب على خرائط الطقس : توضح هذه الكمية على أساس الافتراض بأن قبة السماء مقسمة إلى ثمانية أقسام ، وتحسب الكمية بعدد الأقسام أى الأثمان التى تكفى السحب الموجودة لحجبها . ويرمز للثمان الواحد بواسطة نصف قطر يرسم داخل دائرة المحطة ، أما الثمانان فيرمز لهما بخط متصل يقطع الدائرة كلها . وبناء على هذا فإن هناك ثمان حالات لكمية السحب . وقد أعطى لكل حالة منها رقم شفرى دولى معين ، فرقم ١ معناه أن $\frac{1}{8}$ السماء محتجب بالسحب ورقم ٨ معناه أن $\frac{8}{8}$ السماء، أى كلها

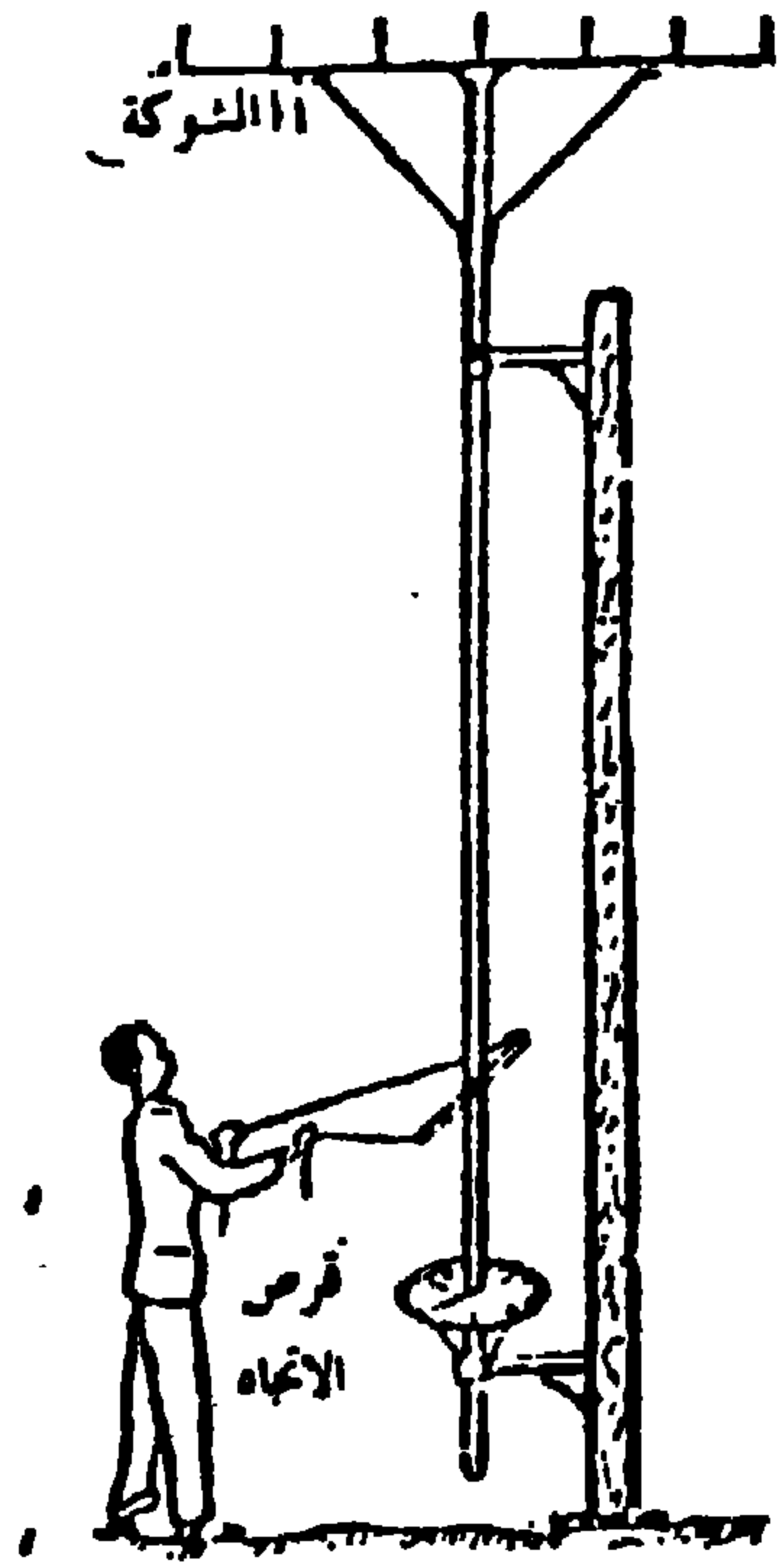
محتجبة بالسحب. وهناك إلى جانب ذلك رقمان آخران أحدهما هو الصفر ومعناه عدم وجود سحب على الإطلاق ، ولا يرسم له أى رمز على الخريطة ، والثانى هو رقم ٩ ومعناه أن الراصد لا يستطيع رؤية السماء بوضوح بسبب الضباب أو الغبار . ويرمز له على الخريطة بوضع علامة X داخل دائرة المحطة . ويبين الجدول رقم (١١) الأرقام الشفرية "Code Numbers" والرموز "Symbols" المستخدمة دولياً فى توضيح السحب على خرائط الطقس وفى تبادل الرسائل الخاصة بها . والمتبع فى الرسائل الجوية أن يذكر فقط الرقم الشفرى ويترك لمحطة الاستقبال تحديد مدلوله .

جدول (١١) الأرقام الشفرية والرموز المستخدمة فى توضيح كمية السحب على خرائط الطقس وفى تبادل الرسائل الخاصة بها

رقم الشفرة	(الرمز)	حالة السماء
٠		السماء خالية تماماً من السحب
١		$\frac{1}{8}$ قبة السماء مخجوبة بالسحب
٢		$\frac{2}{8}$ قبة السماء مخجوبة بالسحب
٣		$\frac{3}{8}$ " " " "
٤		$\frac{4}{8}$ " " " "
٥		$\frac{5}{8}$ " " " "
٦		$\frac{6}{8}$ " " " "
٧		$\frac{7}{8}$ " " " "
٨		$\frac{8}{8}$ السماء مخجوبة تماماً بالسحب
٩		السماء غير مرئية بسبب الضباب أو العواصف الرملية أو الترابية

تعيين اتجاه حركة السحب وقياس سرعتها

يستخدم لهذا الغرض جهاز خاص يعرف باسم اليفوسكوب "Nephoscope" (شكل ٥٤) ، وهو مكور من شوكة محمولة على عامود ينور حول نفسه ومثبت عند قاعدته قرص يبين الاتجاهات المختلفة . وعند رصد أى سحابة توجه الشوكة في نفس اتجاه حركة السحابة ثم يقرأ الاتجاه على القرص . أما السرعة فتحسب على أساس طول المسافة التي قطعها هذه السحابة في مدة معينة كما تبيها أقسام الشوكة والزوايا المحصورة بين الخط الرأسى عند مكان الراصد والخط الواصل بين نقطة وقوفه والمكان الذي تحركت إليه السحابة .



شكل (٥٤) جهاز تعيين اتجاه حركة السحب وقياس سرعتها

٩ - ٣ - التساقط Precipitation

(المطر Rainfall)

تمهيد - تعريف التساقط وأشكاله :

المقصود بالتساقط هو سقوط المواد الناتجة من تكثف بخار الماء في الجو إلى سطح الأرض أو البحر ، وهو يحدث بشكلين رئيسيين هما : التساقط السائل وهو المطر بمعناه الضيق ، والتساقط الصلب الذى يحدث بشكل ثلج Snow أو برد Hail ، والأول منهما عبارة عن بلورات ثلجية خفيفة ذات أشكال هندسية وتطاير عند سقوطها في الهواء، والثاني عبارة عن كرات صغيرة من الجليد تتكون عادة في سحب المزن الركامى أثناء حدوث العواصف الرعدية .

وكثيرا مايكون التساقط مكونا من خليط من التساقط السائل والتساقط الصلب ، ويعرف في هذه الحالة بالتساقط المائى الثلجى Sleet . أو التساقط المختلط .

ورغم هذا التقسيم فإن كلمة « مطر » تستخدم غالبا لتشمل كل هذه الأشكال ، ولهذا فإن الأرقام التى تنشرها محطات الأرصاد تحت عنوان « الأمطار » لا تقتصر على المطر السائل وحده بل تتضمن كذلك التساقط الصلب .

٩ - ٣ - ١ - أنواع المطر - (التساقط السائل)

يشترط لسقوط المطر أن يرتفع الهواء المحمل ببخار الماء إلى مستويات تنخفض فيها درجة حرارته إلى ما دون نقطة الندى . ويحدث هذا الارتفاع نتيجة لأحد عوامل ثلاثة هى : التصعيد نتيجة لتسخين سطح الأرض ، أو اعتراض

الجبال طريق الرياح ، أو صعود الهواء الدافئ فوق الهواء البارد عند تقابلهما . وعلى أساس هذه العوامل الثلاثة يقسم المطر إلى ثلاثة أنواع هي : مطر التصعيد ، ومطر التضاريس ، ومطر الأعاصير . وعلى الرغم من أن كل نوع من هذه الأنواع له أسبابه ومميزاته الخاصة فإن أيا منها لا يظهر مستقلا تماما عن النوعين الآخرين ، وكثيرا ما يوجد أكثر من نوع واحد في المنطقة الواحدة وكل ما هنالك هو أن أحد الأنواع يكون سائدا على غيره .

أ - مطر التصعيد Convictional Rain :

وهو الذى يسقط نتيجة لتسخين سطح الأرض وارتفاع الهواء بشكل تيارات صاعدة ، فإذا كان الهواء الصاعد محملا ببخار الماء فإن هذا البخار يتكثف في أعلى التروبوسفير وتكون سحب من نوع المزن الركامى الذى ينهمر منه المطر بغزارة ويكون مصحوبا في الغالب بعواصف رعد Thunder storms . وتتوقف غزارة هذا المطر على ثلاثة عوامل هي : مدى نشاط التيارات الصاعدة ، وكمية بخار الماء التى تحملها ، ودرجة حرارة الطبقات التى تتجمع فيها السحب ، فكلما كانت التيارات نشطة ومحملة ببخار الماء وكان الفرق بين درجة حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الطبقات التى تتجمع فيها السحب كبيرا كلما اشتدت غزارة المطر .

وهذا النوع من المطر هو النوع السائد في معظم السهول والهضاب الواقعة في العروض الاستوائية والمدارية مثل سهول السودان وحوض الكونغو وهضبة البحيرات في إفريقية ، وسهول حوض نهر الأمازون والهضاب المدارية المحصورة بين جبال الإنديز في أمريكا الجنوبية ، كما يظهر كذلك في السهول المعتدلة الواقعة في وسط كتل اليابس الكبرى مثل كتلة أوراسيا . وفي أغلب الأحيان تكون أمطار السهول الاستوائية أكثر من أمطار الهضاب التى تقع في نفس خطوط العرض . ويرجع ذلك إلى أن التيارات الصاعدة تكون أنشط في

* منعود للكلام على هذه العواصف بعد قليل

السهول منها على الهضاب بسبب الفرق الحرارى بينهما . وهذا هو السبب في أن أمطار حوض الكنفو مثلا أكثر من أمطار هضبة البحيرات الواقعة إلى الشرق منها حيث يبلغ معدل المطر السنوى في حوض الكنفو حوالى ١٨٠ سم بينما يبلغ حوالى ١٠٠ سم على الهضبة . ومثل هذا يمكن أن يقال كذلك عن أمطار حوض الأمزون وأمطار هضبة أكوادور . وتعتبر أمطار الصحارى كذلك من أوضح الأمثلة على مطر التصعيد . وهى إن سقطت فإثما تنهمر بشكل مفاجيء وبغزارة شديدة تؤدى إلى حدوث سيول جارفة قد تقطع الطرق وتغرق الواحات والقرى . وتتميز أمطار الأقاليم الاستوائية بأن لها نظاما يوميا يرتبط بخط السير اليومى لدرجة الحرارة ، ولذلك فإنها تسقط غالبا بعد الظهر بعد أن تكون سحب المزن الركامى التى كونتها التيارات الصاعدة قد بلغت أعظم سمك لها وحجبت السماء كلها .

ب — مطر التضاريس Orographic (or Relief) Rain

ويقصد به المطر الذى يسقط نتيجة لارتفاع الهواء المحمل ببخار الماء على جوانب الجبال. وتتوقف غزارة هذا المطر على كمية البخار التى يحملها الهواء وارتفاع الحافة الجبلية التى تعترضه . ولذلك فإن هذا النوع من المطر يكثر بصفة خاصة على جوانب الجبال المرتفعة التى عيب عليها الرياح عمودية من ناحية المحيط، خصوصا إذا كانت مياه هذا المحيط دافئة . وتسقط معظم أمطار التضاريس على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح مباشرة Windward slopes أما المنحدرات التى في منصرف الريح "Lee slopes" فتقل عليها الأمطار أو تنعدم حيث تكون الرياح قد أفرغت معظم حملتها من الماء على المنحدرات الأولى . ويطلق تعبير "ظل المطر Rain shadow" على المناطق الواقعة على الجانب غير الممطر من الجبال .

وعلى الرغم من أن مطر التضاريس يتزايد عموما كلما زاد الارتفاع فإن هذا التزايد يتوقف عند مستوى معين، ثم يأخذ المطر في التناقص كلما زاد الارتفاع عن هذا المستوى ، وذلك لأن حمولة الهواء الصاعد من البخار تأخذ

في التناقص نتيجة لتحويلها إلى مطر أثناء الصعود . وليس هناك على أى حال معدل ثابت لتزايد المطر بالارتفاع لأن هذا المعدل يتأثر بعوامل أخرى غير الارتفاع ومنها شدة الانحدار واتجاه الرياح بالنسبة لاتجاه الحافة الجبلية ، ومع ذلك فإن المعدل التقريبي لهذا التزايد هو $\frac{2}{1}$ إلى $\frac{5}{1}$ كلما زاد الارتفاع عشرين مترا ، حتى نصل إلى مستوى معين يكون فيه المطر أشد غزارة منه في أى مستوى آخر . ويمكننا أن نطلق على هذا المستوى اسم مستوى أغزر المطر «Level of Maximum Rain» ، وهو ليس واحدا في جميع الأقاليم أو في جميع الفصول ، فهو في الأقاليم الجافة أعلى منه في الأقاليم الرطبة ، ففي جزيرة جاوة يوجد هذا المستوى على ارتفاع ١٠٠٠ متر بينما يوجد على ارتفاع ١٥٠٠ متر فوق جبال غات الغربية وعلى ارتفاع ٢٢٠٠ متر فوق جبال الألب ، كما أنه يكون في فصل الصيف أعلى منه في فصل الشتاء .

وتسود أمطار التضاريس بصفة خاصة في الأقاليم المدارية على منحدرات الجبال التي تهب عليها الرياح التجارية أو الرياح الموسمية من ناحية البحر . ونظرا لدفع المياه وقوة الرياح وشدة ارتفاع بعض الجبال وهبوب الرياح عمودية عليها في بعض المناطق فإننا نلاحظ أن أكثر بقاع العالم مطرا موجودة في هذه الأقاليم ، ومن أمثلتها منطقة شيرابونجي الواقعة على الجانب الجنوبي لجبال خاسي «Khasi» في أسام في شرق الهند على ارتفاع ١٣٥٠ مترا ، وفيها يبلغ المعدل السنوي للمطر ١١,٥ متر . ويأتي أغلبها في فصل الصيف نتيجة لاندفاع الرياح الموسمية الجنوبية الغربية نحوها من خليج بنغال وانحصارها بين سلاسل الجبال العالية . ومن أمثلتها أيضا جزيرة كاواي «Kauai» وهي إحدى جزر هاواي ، وفيها يبلغ المعدل السنوي للمطر ١٢ مترا بسبب هبوب الرياح التجارية الرطبة عليها طول السنة ، وكذلك المنحدرات الغربية لجبال الكمرون في غرب إفريقيا ، وفيها يبلغ المعدل السنوي عشرة أمتار نتيجة لهبوب الرياح الجنوبية الغربية الرطبة عليها طول السنة من خليج غانة الدافي .

ج - مطر الأعاصير Cyclonic rain (أو مطر الجبهات Frontal rain)

ويقصد به المطر الذى تسببه المنخفضات الجوية وهو ينتشر فى مناطق واسعة من العالم فى نطاق الرياح الغربية ، كما هى الحال فى غرب أوروبا وحوض البحر المتوسط وأمريكا الشمالية ، كما يوجد أيضا فى بعض الأقاليم الحارة التى تتعرض للأعاصير المدارية .

وتتابع أحداث الأمطار الإعصارية فى العروض المعتدلة غالبا بنظام معروف تقريبا ، فهى تبدأ خفيفة فى مقدمة المنخفضات الجوية ، وتزداد نوعا ما عند مرور الجبهة الدافئة وكذلك عند مرور قلب المنخفض ، وتأتى الأمطار فى هذه المراحل مع سحب خفيفة عالية أو متوسطة ، ولكن لا تلبث الأمطار أن تنهمر بغزارة عند مرور الجبهة الباردة وتكون مصحوبة برياح شمالية قوية وبحدوث برق ورعد . ولكن لا تلبث الأمطار أن تتناقص تدريجيا بعد مرور الجبهة الباردة وتأتى بصورة زخات يزداد تباعدها كلما ابتعد المنخفض الجوى حتى تنتهى وبصفو الجو . وكما أن أحداث هذا النوع من المطر تسير بالترتيب الزمنى المذكور فإن توزيعه الإقليمى يكون مرتبطا كذلك بخط سير المنخفض الجوى أو الإعصار ، وتتوقف كمية المطر وغزارته على عنف المنخفض الجوى أو الإعصار أو على موقع المكان بالنسبة للقطاعات المختلفة للمنخفض .

ويشمل هذا النوع من المطر كذلك الأمطار التى تصاحب الأعاصير المدارية أو العواصف الدوارة ، إلا أن هذه الأعاصير لا تكون لها غالبا جبهات واضحة ، ولذلك يحسن ألا نطلق على مطرها اسم « مطر الجبهات » .

عواصف الرعد Thunderstorms

تعتبر عواصف الرعد من ظاهرات الجو المألوفة فى جميع أنحاء العالم تقريبا ماعدا المناطق القطبية ، وأهم ما تتميز به هو أنها تكون مصحوبة بحدوث برق ورعد ، وهذا هو الشرط الرئيسى الذى يجب توافره فى كل عاصفة رعد

وتكون هذه العواصف في الغالب مصحوبة برياح قوية وأمطار غزيرة جدا^(١) ،
مع سقوط البرد في كثير من الأحيان .

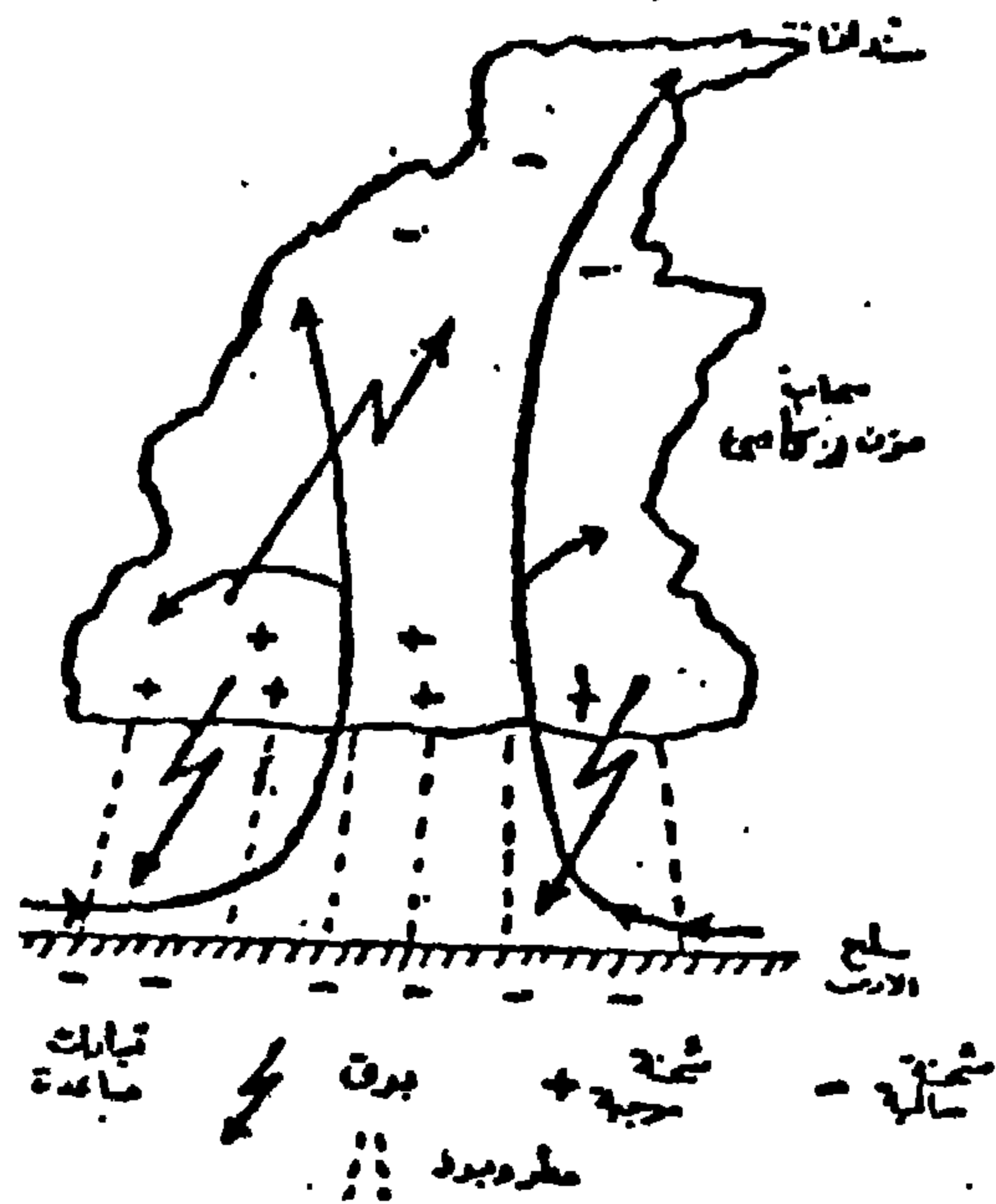
أما سبب حدوثها فهو ارتفاع الهواء بقوة إلى أعلى نتيجة لأي عامل من
العوامل التي سبقت الإشارة إليها عند الكلام على أنواع المطر ، ومعنى ذلك أن
عواصف الرعد يمكن أن تحدث نتيجة لنشاط التيارات الصاعدة التي يسببها
ارتفاع درجة الحرارة في طبقات الجو السفلى ، كما هي الحال في المنطقة
الاستوائية ، أو نتيجة لارتفاع الهواء الدافئ فوق الهواء البارد عند تقابل كتلتين
هوائيتين مختلفتين في درجة الحرارة ، أو لاندفاع الهواء في الأعاصير الدوارة بقوة
إلى أعلى الجو ، أو نتيجة لصعود الرياح بقوة على منحدرات الجبال التي تعترض
طريقها ، فالذي يحدث في مثل هذه الأحوال هو أن يرتفع الهواء الصاعد إلى
مستويات مرتفعة جدا فيتكاثف بخار الماء العالق به بسرعة وتتكون منه سحب
شديدة السمك والكثافة من النوع المعروف باسم المزن الركامي
«Cumulonimbus» ، وتأخذ الأمطار في السقوط ، إلا أن كثيرا من نقط الماء
لاستطيع أن تصل إلى سطح الأرض بسبب قوة التيارات الصاعدة التي تدفعها
باستمرار إلى أعلى ، ويترتب على ذلك تزايد حجم هذه النقط حتى يبلغ قطر
الواحدة منها نصف سنتيمتر تقريبا . ومتى بلغت هذا الحجم لا تقوى على
التماسك ، فتفتت إلى نقط صغيرة ، لا تلبث أن تكبر ثم تتجزأ بنفس الطريقة
وهكذا .

ويترتب على تفتت النقط المائية انطلاق شحنة كهربائية يتجمع السالب منها
في قمة السحابة أما الموجب فيتجمع في وسطها ، وقد يتجمع بعضه في
أسفلها . وعندما تكبر هذه الشحنات يحدث تفريغ بين أعلى السحابة ووسطها
أو بين السحابة والأرض أو بين سحابتين متجاورتين . والتفريغ الذي يحدث
بين السحابة والأرض هو الذي يعبر عنه بالصاعقة . ويؤدي التفريغ الكهربائي

Burgess (R « Meteorology for Seamen » 2 nd, ed. 1952 P. 55.

(١)

إلى حدوث الشرارة المضيفة التي يعبر عنها بالبرق . أما الرعد فيحدث نتيجة تمدد الهواء الذي تخرقه هذه الشرارة بسبب شدة الحرارة ثم انكماشه وانضغاطه بشدة نتيجة للتبريد الذي يحدث بعد مرورها . ونظرا لأن الضوء ينتقل بسرعة ٢٩٨,٠٠٠ كيلومتر في الثانية بينما ينتقل الصوت بسرعة ٣٤٠ مترا في الثانية فإن سماع صوت الرعد يتأخر عن رؤية البرق بمعدل خمس ثوان تقريبا لكل ١,٥ كيلومتر من المسافة بين الموضع الذي تحدث فيه شرارة البرق والمكان الذي يوجد فيه الراصد . ويبين شكل (٥٤) المظاهر المختلفة التي تصاحب عواصف الرعد^(١) .



شكل (٥٤) مظاهر النشاط المختلفة في عواصف الرعد

(١) Horrocks & Physical Geography and Climatology " 1953. P 229

وتتحرك عواصف الرعد في الأقاليم المعتدلة بصفة عامة من الغرب إلى الشرق بسرعة تبلغ في المتوسط حوالى ٦٠ كيلومترا في الساعة ، وقد تقطع العاصفة أحيانا مسافة ٨٠٠ كيلومتر أو أكثر قبل أن تهدأ ، ويعتبر سقوط الأمطار من أهم العوامل التي تساعد على هدوء العاصفة لأنه يساعد على تلطيف درجة حرارة سطح الأرض وطبقة الهواء الملاصقة له ، فيقل الفرق بين درجة حرارته ودرجة حرارة الطبقات العليا من الجو فيضعف تبعا لذلك نشاط التيارات الصاعدة .

وتعتبر الأقاليم الاستوائية أكثر أقاليم العالم تعرضا لحدوث عواصف الرعد ، نظرا لنشاط التيارات الصاعدة بها ، ويبلغ متوسط عدد الأيام التي يحدث فيها البرق والرعد في هذه الأقاليم حوالى ٧٦ يوما في السنة ، وتشتهر جزيرة جاوة بصفة خاصة بهذا النوع من العواصف ، إذ يبلغ متوسط عدد الأيام التي يظهر فيها البرق والرعد هناك أكثر من ٢٠٠ يوم ، وتكثر هذه العواصف كذلك في الولايات المتحدة، ولايكاد يمر أسبوع دون أن يظهر البرق والرعد في يوم واحد على الأقل من أيامه ، أما في مصر فتظهر عواصف الرعد أحيانا في فصل الخريف ، ولكن على الرغم من قلة أيام ظهورها بصفة عامة ، فإنه لايمكن أن يمر فصل الخريف في أية سنة ، دون أن تحدث عاصفة رعد واحدة على الأقل .

أما أقل جهات العالم تعرضا لعواصف الرعد فهي المناطق القطبية ، لعدم وجود أى تيارات هوائية صاعدة هناك ، ولهذا فقد تمر سنوات عديدة دون أن تحدث عاصفة رعد واحدة ، وتقل هذه العواصف كذلك في الصحارى الجافة لأنه على الرغم من نشاط التيارات الصاعدة بها فإن بخار الماء العالق بالهواء يكون قليلا جدا بدرجة لا تكفى لتكون السحب الكثيفة . وتقل عواصف الرعد كذلك على البحار والمحيطات ، وذلك لأن التيارات الصاعدة تكون بطيئة نسبيا ، حيث يكون الفرق بين درجة حرارة الطبقات السفلى من الجو ودرجة حرارة الطبقات العليا منه أقل نسبيا منه على اليابس



شكل (٥٥) المتوسط السنوي لعدد أيام عواصف الرعد في العالم

ويعتبر فصل الصيف على اليابس أكثر فصول السنة ملائمة لظهور عواصف
البرعد بصفة عامة ، ويرجع ذلك إلى اشتداد حرارة سطح الأرض والهواء
اللامسح له بواسطة أشعة الشمس . ويكون ظهورها غالبا بعد منتصف النهار ،
وهو الوقت الذي تبلغ فيه التيارات الصاعدة أشد

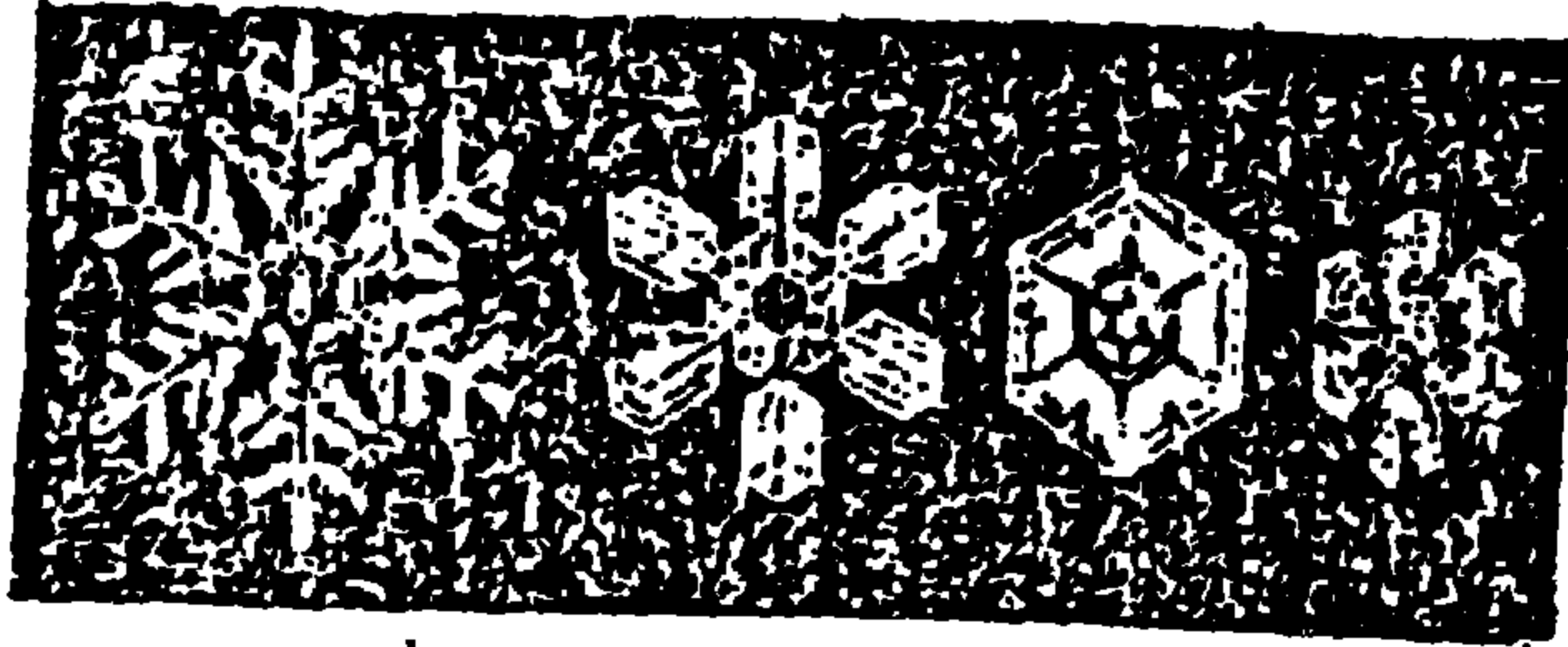
التساقط الصلب (أو المطر المتجمد)

بالإضافة إلى الشكل السائل المتناثر للمطر ، فإن المطر في الأقاليم الباردة
يكون في كثير من الأحيان بشكل صلب ، أو بشكل مختلط من السائل
والصلب . وهناك شكلان رئيسيان للتساقط الصلب وهما : الثلج Snow والبرد
Hail ، أما التساقط المختلط بين الصلب والسائل فيطلق عليه تعبير Sleet .

وعلى الرغم من الفروق الواضحة بين الشكل السائل للمطر وأشكاله
الصلبة فإنها جميعا تدخل في إحصاءات المطر بعد أن تحسب كميات التساقط
الصلب على أساس مايمكن أن تتج من انصهارها من ماء . كما سنين عند
كلامنا على قياس المطر بعد قليل . وفيما يلي شرح للشكلين الرئيسين للتساقط
الصلب وهما الثلج والبرد .

الثلج Snow :

وهو عبارة عن بلورات رقيقة جدا من الثلج لا يزيد قطر الواحدة منها غالبا
على بوصة واحدة ، وهي تسقط نحو الأرض كما تسقط الأمطار تماما ، ولكن
نظرا لخفتها فإنها تتطاير مع الهواء ، ويكون منظرها أشبه بأهداب الريش
الأيض ، وتأخذ عند سقوطها أشكالاً متباينة كما في شكل (٥٦) .



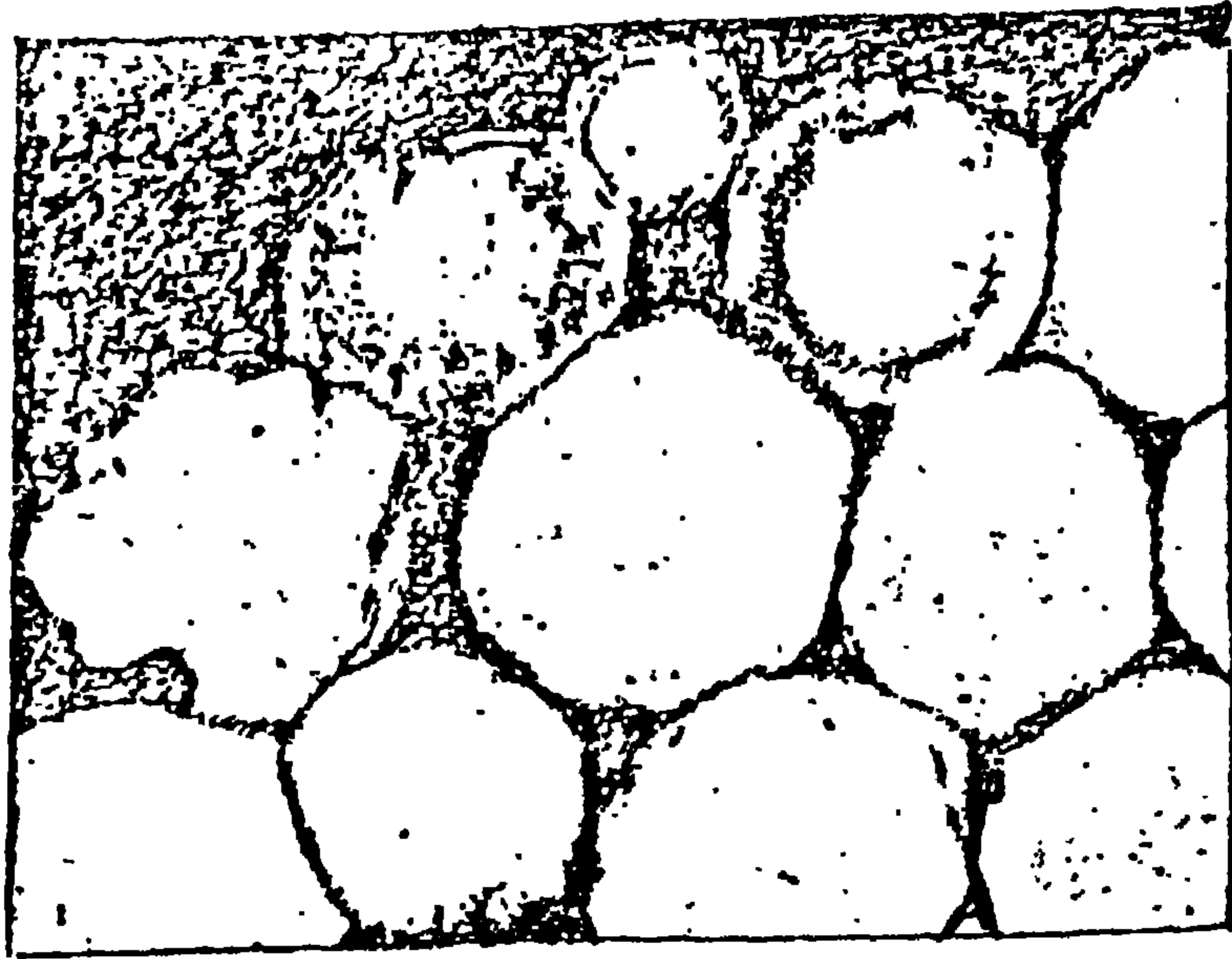
شكل (٥٦) بعض أشكال بلورات الثلج

ويسقط الثلج نتيجة لانخفاض درجة الحرارة في طبقات نحو التي نسبح فيها السحب إلى مادون درجة التجمد ، ويحدث ذلك بكثرة في المناطق الباردة حيث يؤدي سقوط الثلج بكثرة في بعض البلاد إلى تغطية الأرض وماعليها من أجسام بطبقة عظيمة منه يزيد سمكها في بعض المواضع على بضعة أمتار . وتكون هذه الطبقة هشة في أول الأمر ولكنها سرعان ماتناسك بسبب ثقل الثلج فتتحول إلى طبقة من الجليد «Ice» وهو المادة الصلبة المعروفة ، وليست الأنهار الجليدية التي تشتهر بها البلاد الجبلية في الأقاليم المعتدلة والباردة ، وكذلك غطاءات الجليد العظيمة التي توجد في المناطق القطبية إلا طبقات من الثلج الذي تراكم على مر السنين ثم تصلب بسبب ثقله وتكدسه .

ومن الممكن أن يتكون الثلج في أعلى التروبوسفير في الأقاليم الدافئة والحارة ، ولكنه في هذه الحالة لايد غالباً إلى سطح الأرض لأنه ينصهر عند سقوطه بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء بصفة عامة خصوصاً في طبقاته السفلى .

البرد Hail :

وهو عبارة عن كرات صغيرة من الجليد تتساقط على شكل أمطار عند حدوث عواصف الرعد . ويتراوح قطر الواحدة منها في المعتاد حوالى سنتيمتر ونصف ، ولو أن بعضها يزيد قطره عن ذلك كثيراً بحيث يصل أحياناً إلى عشرة سنتيمترات أو أكثر . وتتكون هذه الكرات نتيجة لتكثف بخار الماء في داخل سحب المزن الركامى التي تتراكم نتيجة لنشاط التيارات الهوائية الصاعدة ، ويتكثف البخار أولاً إلى نقط مائية ، فإذا كانت درجة الحرارة في داخل السحابة أقل من درجة التجمد فإن هذه النقط تتحول إلى كرات صغيرة من الثلج ، ويأخذ حجم هذه الكرات في الازدياد تدريجياً ، لأنها عندما تبدأ في السقوط نحو الأرض تعود فترتفع مرة أخرى بتأثير التيارات الهوائية الصاعدة التي تحملها ثانية إلى داخل السحب فتكثف حولها طبقة جديدة ، وبتكرار هذه العملية يتزايد عدد الطبقات التي تتراكم على الكرة الأصعب . حيث يصل



شكل (٥٧) كرات من البرد

أحيانا إلى ٢٠ طبقة ، وأخيرا تسقط الكرات بفعل ثقلها نحو سطح الأرض ، وقد يكون سقوطها بكميات كبيرة وبسرعة عظيمة ، تؤدي إلى تلف كثير من المحاصيل .

ومما سبق يتبين لنا أن هناك عدة شروط يجب توافرها لظهور البرد وهى :

- ١ — انخفاض درجة الحرارة فى طبقات الجو التى توجد بها السحب إلى مادون درجة التجمد .

- ٢ — وجود تيارات هوائية صاعدة يترتب عليها عواصف رعد كما يحدث كثيرا فى المناطق الاستوائية والمعتدلة . ونظرا لعدم وجود تيارات هوائية صاعدة فى الأقاليم القطبية فإن ظهور البرد فيها يعتبر من الظواهر النادرة جدا .

- ٣ — عدم ارتفاع درجة حرارة الطبقات السفلى من الهواء بشكل يؤدى إلى انصهار كرات الثلج قبل وصولها إلى سطح الأرض ، كما يحدث عادة فى أقاليم الاستوائية . فرغم شاطئ التيارات الصاعدة هناك واحتمال

تكون البرد في طبقات الجو العليا فإنه لا يصل إلى سطح الأرض بسبب شدة الحرارة في طبقات الجو السفلى .

وهكذا نجد أن المناطق القطبية والمناطق الاستوائية تخلو من البرد خلوا تاما تقريبا ، وفيما عدا ذلك يحتمل أن يظهر البرد في أى منطقة أخرى من العالم ، ولكنه يكثر بصفة خاصة على الهضاب كما هي الحال فوق القسم الجنوبي من هضبة إفريقيا الجنوبية ، التي تتعرض أثناء فصل الصيف لسقوط البرد بشكل يؤدي أحيانا إلى حدوث خسائر كبيرة ، وفي الهند يسقط البرد بكثرة في شهر مايو ، وفي مصر يظهر البرد أحيانا في فصل الخريف والشتاء أثناء عواصف الرعد

شدة المطر (أو غزارته) Rainfall intensity

المقصود بشدة المطر أو غزارته هو مقدار ما يسقط منه خلال فترة معينة ، وحساب غزارة المطر له أهمية كبيرة في تحديد قيمته الهيدرولوجية لما له من علاقة مباشرة بجريان الماء على السطح وتسربه في التربة .

ويمكن حساب غزارة المطر في اليوم أو في أى فترة أخرى بقسمة كمية المطر على عدد الأيام المطيرة ، مع ملاحظة أن اليوم المطير هو اليوم الذي يسقط خلاله مطر لا يقل عن ٠.٠١ من البوصة (٠.٢ من المليمتر) ، إلا أن حساب الغزارة بهذه الطريقة لا يعبر تعبيرا دقيقا عن القيمة الهيدرولوجية للمطر ، والأهم منه هو حساب الغزارة على امتداد الفترة الزمنية التي يسقط خلالها المطر منذ بدء سقوطه حتى توقفه . وتوضح هذه الغزارة وما يطرأ عليها من تغير خلال هذه المدة بواسطة منحنى يطلق عليه اسم منحنى الاستمرارية الغزارة Intensity- duration curve . وفيه تسجل كمية المطر التي تسقط في كل ساعة من ساعات سقوطه . وقد أظهرت معظم المنحنيات التي رسمت لمثل

هذا التوزيع أنه يسير على نمط واحد أثناء العواصف المطيرة المتساوية الطول تقريبا .

ويمكن أن توضح الغزارة على امتداد مدة سقوطه بطريقة نسبية ، وذلك بحساب النسبة المئوية لما يسقط في كل ساعة من ساعات العاصفة إلى الكمية الكلية التي تسقط أثناءها . ويطلق على المنحنيات التي ترسم بهذه الطريقة اسم «منحنيات استمرارية العمق» Depth duration curves . وقد تبين من دراسة مثل هذه المنحنيات أن شكلها يختلف تبعا لاختلاف الكمية الكلية التي تسقطها العاصفة الممطرة . ففي حالة المطر الخفيف تسقط أكبر نسبة منه غالبا خلال الفترة الأولى من سقوطه ، أما في حالة المطر الغزير فإن المنحنى يكون غالبا متوازنا .

وثمة طريقة أخرى لتوضيح غزارة المطر هي طريقة رسم منحنيات يطلق عليها اسم منحنيات مرات تكرار الغزارة Rainfall intensity frequency curves . وهي من أكثر منحنيات الغزارة أهمية في الدراسات المائية . حيث يمكن بواسطتها مثلا معرفة عدد مرات سقوط الأمطار بغزارة معينة في الشهر أو السنة ، فيمكن على أساسها توقع احتمالات حدوث الفيضانات أو حدوث تغيرات في مناسيب الأنهار ومقدار تصريفها .

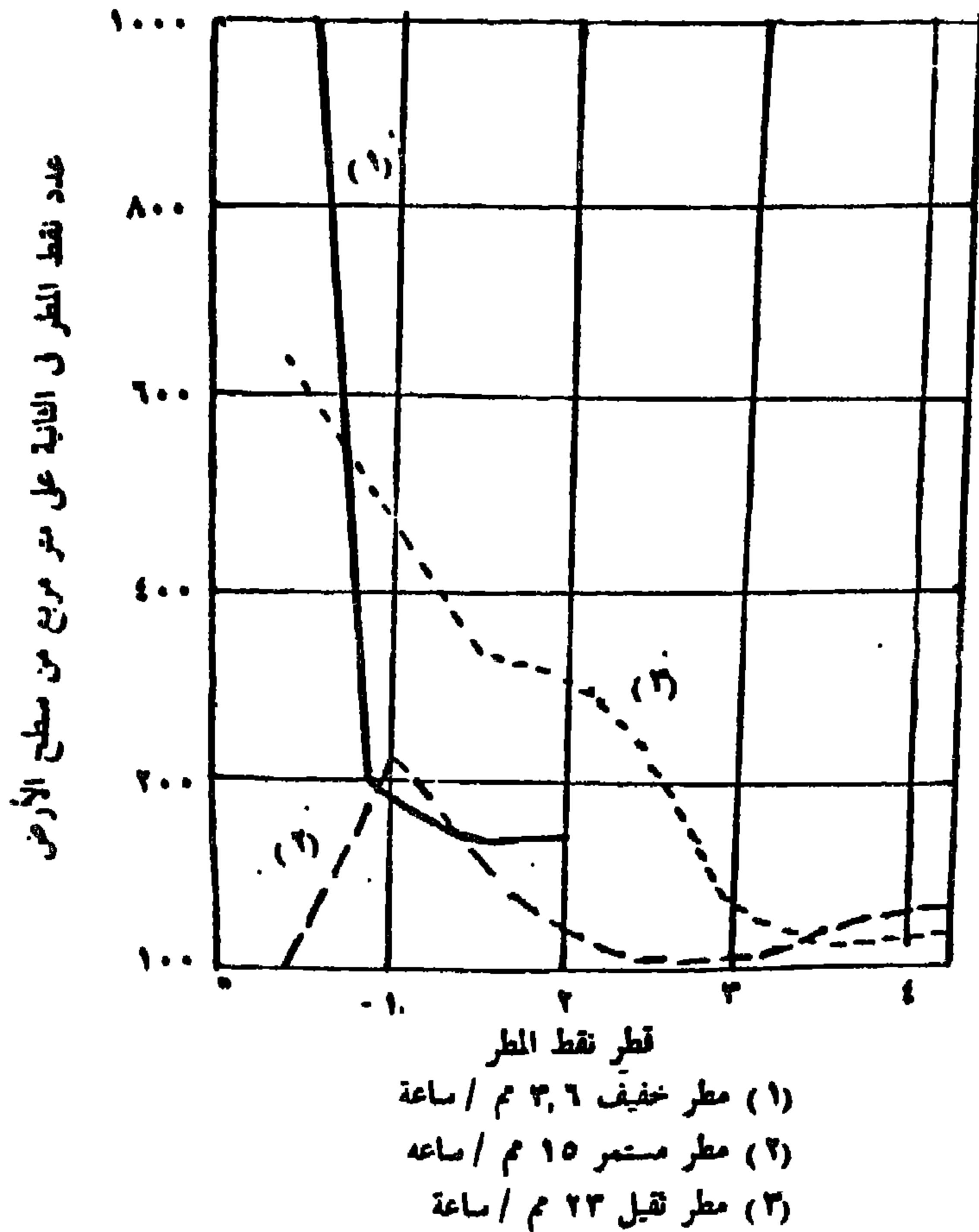
ولكن المشكلة في حساب غزارة المطر بالتفصيل في أي منطقة من المناطق تكمن في كونها تحتاج إلى قياسات مستمرة ودقيقة للأمطار بواسطة أجهزة دقيقة يمكن بواسطتها قياس الأمطار الساقطة في كل دقيقة ، ومثل هذه البيانات لايسهل توفيرها إلا في مراصد معدة إعدادا كافيا للقيام بها .

ومن الواضح أن حساب غزارة الأمطار له أهمية كبيرة في الدراسات التطبيقية لأن تأثير الأمطار على جريان الماء يتوقف على غزارة الأمطار أو شدة سقوطها ، فقد يؤدي سقوط خمسة سنتيمترات من المطر مثلا خلال نصف ساعة إلى حدوث فيضانات تفرق بعض المناطق وتسبب كثيرا من الخسائر بينما لا يؤدي سقوطها في ٢٤ ساعة أو أكثر إلى أي شيء من هذا ، لأن أغلبها يتبخر أثناء سقوطه أو بعد وصوله إلى الأرض مباشرة .

تقسيم المطر على أساس حجم نقطه وسرعة سقوطها :

بتراوح حجم نقط المطر مابين نقيطات الرذاذ التى لايزيد قطرها على نصف ملليمتر والنقط الكبرى التى قد يصل قطرها فى حالة عدم تفتتها إلى خمسة ملليمترات .

وهناك تناسب طردى بين حجم نقط الماء وسرعة سقوطها بمعنى أنه كلما كانت الأمطار ثقيلة كان حجم نقطها كبيرا ، كما يتبين من الشكل رقم (٥٨).^(١)

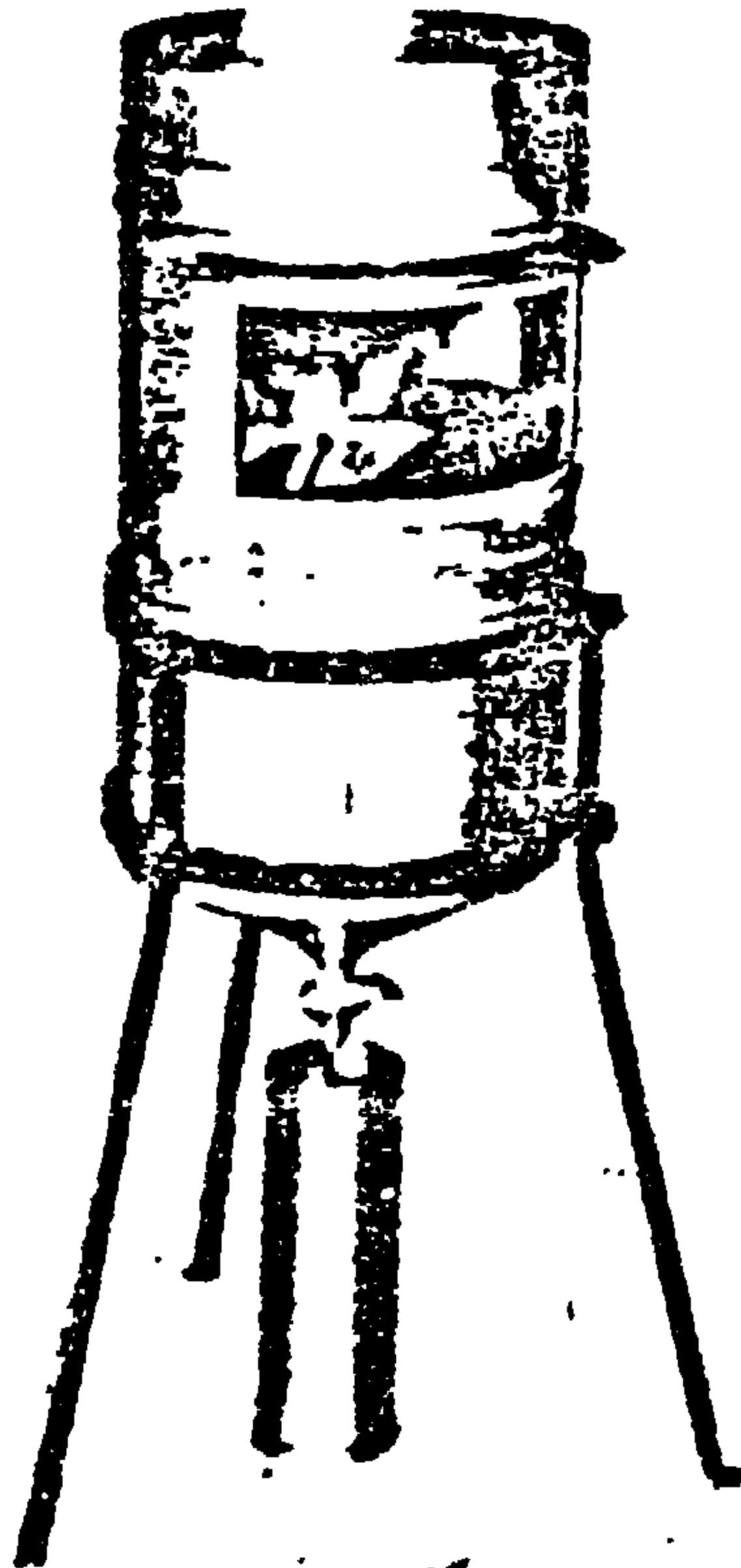


شكل (٥٨) العلاقة بين حجم نقط المطر وسرعة تساقطها

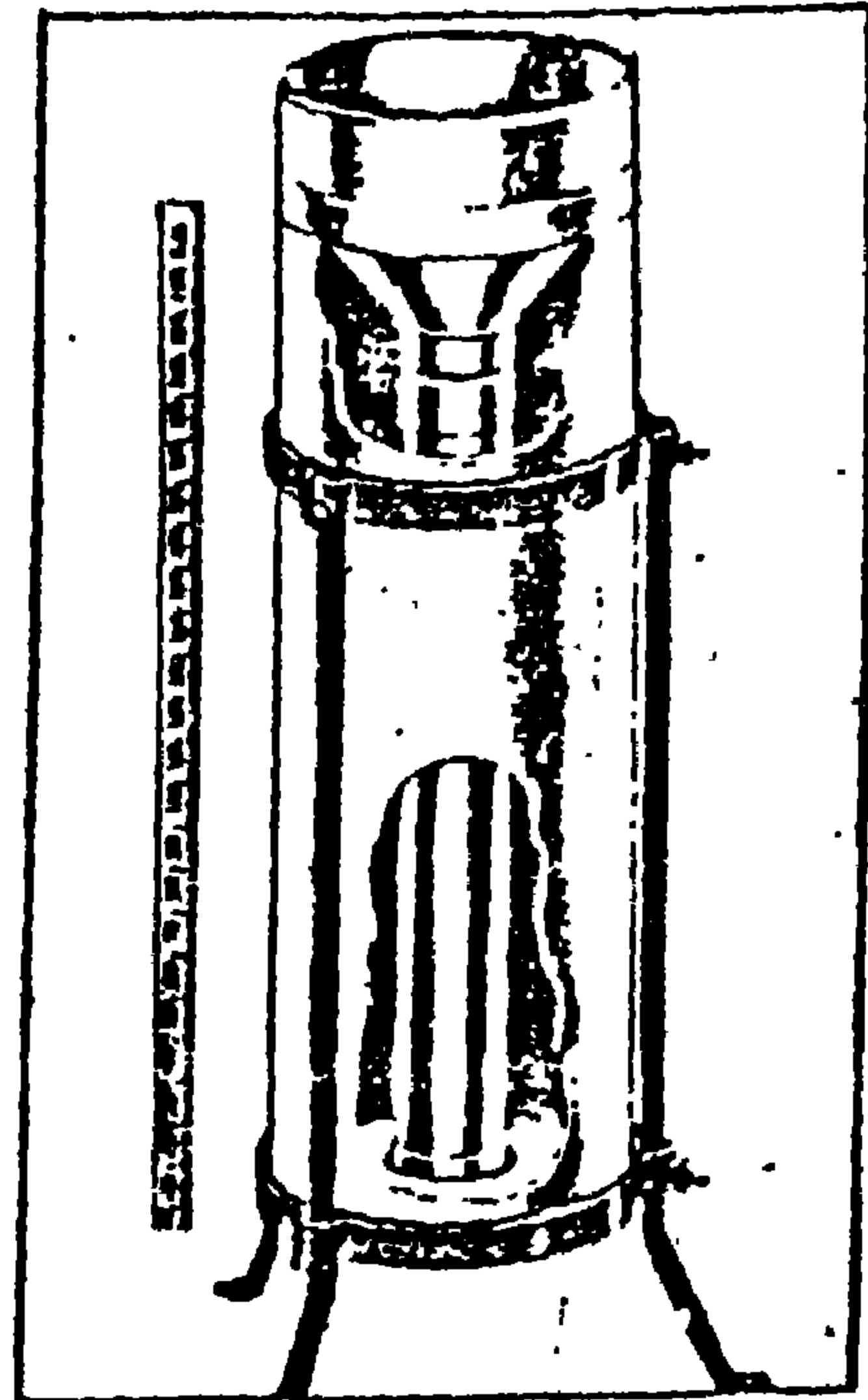
(١) Wiesner, c 1 op c 1.p.91

٩ - ٣ - ٢ - قياس المطر

تستخدم في قياس المطر أجهزة خاصة وأبسطها وأكثرها انتشارا هو الجهاز القياسي «Rain gauge» المستخدم في أغلب محطات الأرصاد . وأهم أجزائه



شكل (٦٠)
جهاز قياس المطر
فوق الدلو المائل

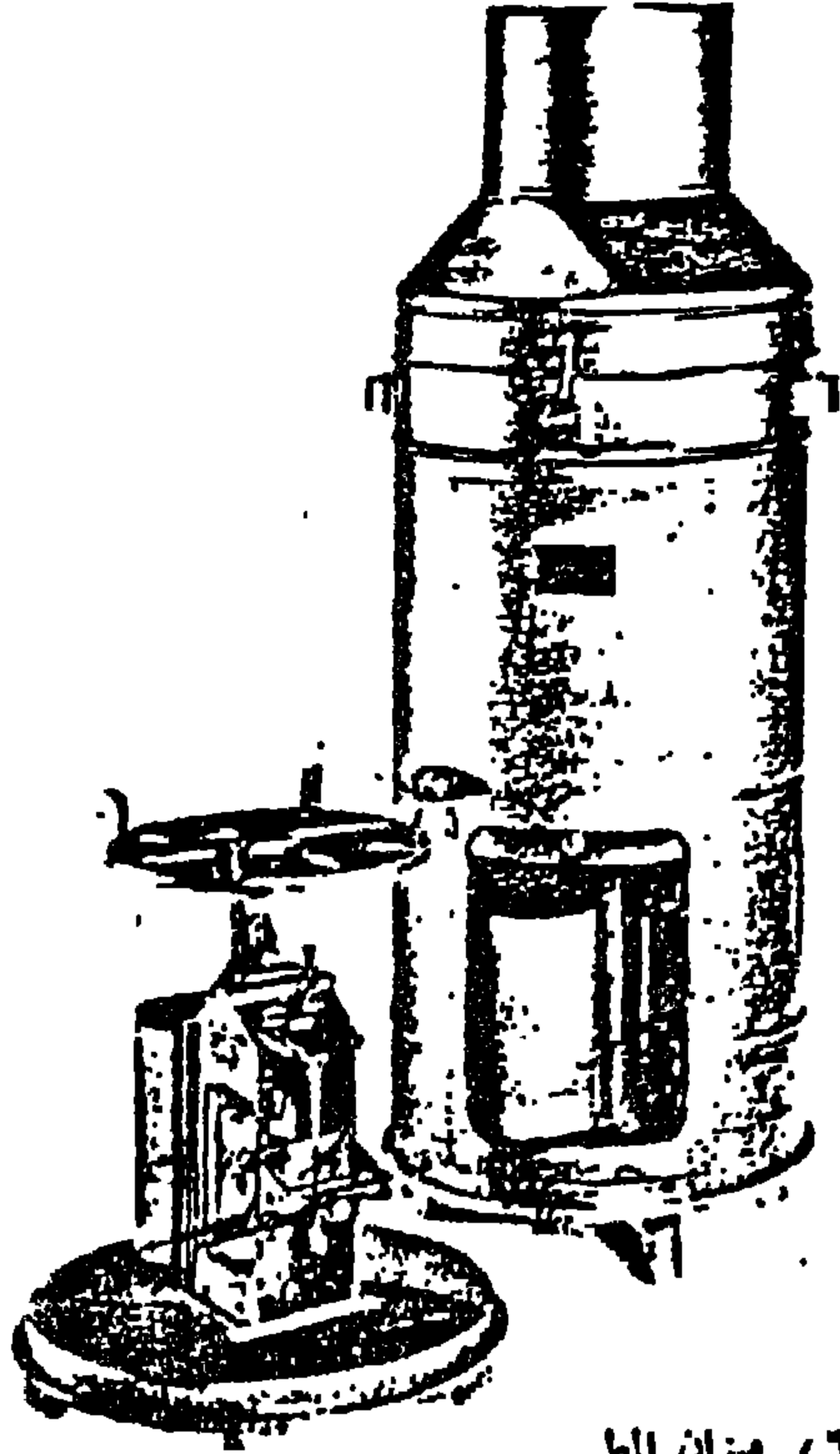


شكل (٥٩)
جهاز قياس المطر العادي

هي : اسطوانة معدنية قطرها المعتاد حوالي ٢٠ سنتيمترا وبداخلها قمع مركب فوق إناء لجمع الماء ، ونخار مدرج لقياس الماء المتجمع . وقد يوضع النخار داخل الاسطوانة بدلا من الاناء بحيث يتجمع فيه ماء المطر مباشرة . ويوضع الجهاز دائما في العراء . ويدل ارتفاع الماء الذي يتجمع في النخار على كمية المطر التي سقطت ، وهي تحسب أما بالمليمترات أو بالبوصات

وقد ظهرت من هذا الجهاز أنواع متفحة يمكن أن تسجل بواسطتها كمية المطر الساقطة بطريقة آلية . وهناك نوعان من هذه المسجلات النوع الأول منها يعرف باسم «Tipping bucket gauge» أى الجهاز ذو الدلو المائل . وهو دلو صغير موضوع بميل بحيث يمكنه أن يفرغ نفسه آليا كلما تجمع فيه مقدار من المطر يعادل ربع ملليمتر . وتؤدي حركته عند التفريغ إلى توصيل دائرة كهربائية يتحرك بمقتضاها ذراع في طرفه سن ريشة تيين به كل مرة من مرات التفريغ على لوحة خاصة . ويمكن على هذا الأساس حساب مجموع كمية المطر التى سقطت .

أما النوع الثانى فيعرف باسم ميزان المطر «Weighing-type gauge» وهو مزود بميزان خاص يمكنه أن يزن بطريقة آلية أى كمية من المطر يستقبلها الجهاز ، ويسجل الوزن بطريقة آلية كذلك على لوحة خاصة بواسطة سن ريشة مثبت فى نهاية ذراع يتحرك تبعا للوزن الذى يئنه الميزان .



شكل (٦١) ميزان المطر

ويجب عند قياس المطر أن ندخل في حسابنا مظاهر التكثف الأخرى مثل الثلج والبرد ونضيفها إلى كمية المطر ، ولو أننا قد نصادف صعوبات كثيرة في قياس كمية هذا النوع من التساقط ، ولكن يمكننا أن نقدرها تقديرا تقريبا على أمان أن كل عشرة سنتيمترات من الثلج أو البرد تعادل سنتيمتر واحد من الماء ، أما أنواع التكثف الأخرى مثل الندى والضباب فهذه وإن كانت واسعة الانتشار إلا أنها لا تؤثر تأثيرا يذكر في كمية التساقط «Precipitation» ، نظرا لبساطتها وسرعة تبخرها ، ولعدم تأثيرها على المياه الجارية أو المياه الجوفية .

خطوط المطر المتساوي Isohyets :

خطوط المطر المتساوي هي الخطوط التي ترسم على الخرائط لتوصيل الأماكن التي تساوي فيها كميات الأمطار أو معدلاتها في أي فترة من الفترات ، وهي تشبه في طريقة رسمها نوعا ما خطوط الحرارة المتساوية وخطوط الضغط المتساوي ولكن مع فارق أساسي وهو أننا عند رسم خطوط المطر لا نحتاج إلى تعديل الأرقام التي تسجلها المقاييس لكي تمثل الحالة عند سطح البحر ، بل يجب أن توضع هذه الأرقام على الخريطة بدون تعديل .

والمألوف في رسم خرائط توزيع المطر هو أن تظلل المناطق التي يكون لها معدل واحد تقريبا في فترة معينة (ولتكن شهرا أو سنة) تظليلا واحدا أو تلوّن بلون واحد ، بحيث لا يكون هناك داع لوضع أي أرقام على الخريطة نفسها لتمييز الخطوط بعضها عن بعض ، كما نفعل عادة عند رسم خطوط الضغط وخطوط الحرارة ، بل يكفي بعمل دليل للخريطة تبين بواسطته مدلولات الدرجات متفاوتة من التظليل أو التلوّن . واللون الذي يستخدم عادة في الأطالس وخرائط الحائط للدلالة على الأمطار هو اللون الأزرق . وكلما كان اللون داكنا دل ذلك على كثرة الأمطار ، أما الأقاليم عديمة المطر فتلون غالبا باللون البني الفاتح أو الأصفر الباهت أو ترك بيضاء .

مشكلات قياس المطر (التساقط السائل)

على الرغم من التطور الذى طرأ على أجهزة قياس المطر وغيرها من أجهزة قياس العناصر المناخية فإن قياس المطر بالذات مازال معرضا لبعض الأخطاء الناجمة عن أسباب مختلفة . فقد تحدث بعض الأخطاء نتيجة لعدم دقة القراءات أو عمليات القياس التى يقوم بها الراصد نفسه ، كما أن بعضها قد يحدث بسبب أى خلل فى أجهزة التسجيل ، أو بسبب نوعية الجهاز المستخدم أو بسبب عدم وضعه فى الموضع الصحيح . ويكفى أن نعلم أنه حتى الآن لا يوجد نوع قياسى موحد للجهاز التقليدى لقياس المطر ، ولا يوجد اتفاق بين كل مراصد العالم على حده أو المواصفات المطلوبة لتركيبه . ولهذا فإن مقارنة البيانات المستمدة من أجهزة القياس المستخدمة فى البلاد المختلفة لاتكون فى كثير من الأحيان دقيقة بالدرجة المطلوبة . ولمعالجة هذه المشكلة فقد ابتكرت منظمة الأرصاد الجوية الدولية International Meteorological Organisation جهازا قياسيا لتصحيح على أساسه قراءات الأجهزة المستخدمة فى الدول المختلفة . وقد تبين أن الفروق بين الأجهزة المختلفة وبين قراءات المقياس الدولى تتراوح بين ٥% و ١٥% .

ففى بريطانيا مثلا يستخدم لقياس المطر جهاز قطر فتحة خمس بوصات وترتفع حافته Rim عند استخدامه بمقدار قدم واحد عن سطح الأرض . بينما يبلغ قطر فتحة الجهاز المستخدم فى الولايات المتحدة ثمان بوصات .

وليس هناك ارتفاع واحد لثبيت جهاز قياس المطر عن سطح الأرض ، ومازال تحديد الارتفاع الأمثل مختلفا عليه حتى الآن ، فعلى الرغم من أن كمية المطر المطلوب حسابها فعلا هى الكمية التى تصل إلى سطح الأرض نفسه فإن القياس على هذا المستوى لن يكون دقيقا من الناحية العملية ، لأن المياه التى تتجمع على الجهاز لن تكون فى هذه الحالة مقصورة على مياه المطر التى تسقط فوقه مباشرة بل ستضاف إليها كميات لا يستهان بها من المياه التى تتبعثر نحوه

من الأرض المجاورة عند سقوط المطر عليها . ومن ناحية أخرى فإن وضع الجهاز في مستوى أعلى من سطح الأرض يؤدي إلى اعتراض الرياح وحدوث دوامات بها مما يؤدي إلى زيادة سرعتها ودفعها لقط المطر الساقطة بعيدا عن الجهاز ، وخصوصا أثناء هبوب الرياح القوية التي تكون في كثير من الأحيان مصاحبة لسقوط المطر ، وهكذا فإن المستويات التي توضع عليها الأجهزة في الدول المختلفة تتفاوت من ٣٠ سم إلى مترين أو أكثر فوق سطح الأرض . وتظهر هذه المشكلة بصورة أوضح عند وضع هذه الأجهزة على المرتفعات بسبب ارتفاع سرعة الرياح وكثرة الاضطرابات الجوية . ولتقليل الخطأ في نتائج القياس في مثل هذه الظروف يبنى حول جهاز القياس حائط بمقاييس محسوبة ، وعلى بعد محسوب كذلك لكي يقلل من سرعة الرياح ولا يعرقل في نفس الوقت سقوط المطر في الجهاز .

مشكلات قياس التساقط الصلب :

إن الأجهزة المستخدمة لتسجيل المطر السائل أو قياسه لاتصلح تماما لقياس التساقط الصلب إلا إذا كان هذا التساقط خفيفا بدرجة تسمح بدخوله في الجهاز ، حيث يمكن في هذه الحالة حسابه على أساس كمية الماء التي تنتج منه بعد انصهاره . ولهذا فقد ابتكرت مسجلات خاصة لتسجيل وزن الثلج المتساقط . وتقوم فكرتها على جمع الثلج في وعاء موضوع على سطح ميزان متصل بذراع في طرفه سن ريشة يتحرك على خريطة مثبتة على اسطوانة تدويرها ساعة ، ومقسمة إلى أقسام تدل على وزن الثلج المتجمع في الوعاء . ولكن نظرا لأن بلورات الثلج المتساقط تكون عادة خفيفة جدا فإن الرياح تذروها وتوزعها على سطح الأرض بشكل غير منتظم مما يؤدي إلى تباين سمك الطبقة المتراكمة من موضع إلى آخر ، ولهذا فإن مايسجله « ميزان الثلج Snow gauge » لا يدل إلا على كمية الثلج التي تسقط فوقه فقط ، ولا يدل على سمك الثلج المتراكم على كل المنطقة التي يوجد فيها ، ولذلك فقد اقترحت طريقة

أخرى لقياس كمية الثلج الذى سقط على المنطقة عن طريق عمل مجسات فى عدة مواضع لقياس سمك الثلج المتراكم فى كل منها وحساب المتوسط بالنسبة لكل المنطقة وتحويل هذا المتوسط إلى مايعرف « بالمعادل المائى Water equivalent » ، وذلك على أساس أن سمكا مائيا واحدا يقابل ١٢ سمكا من الثلج ، ولكن هذه النسبة لا تتوقف على سمك الثلج وحده بل تتوقف كذلك على درجة تكدسه ، فكلما ازداد تكدسه زاد المعادل المائى الذى يقابله . ومن الممكن كذلك حساب هذا المعادل بأخذ عينة من السمك الكلى لطبقة الثلج ووزنها وتصنيفها بواسطة أجهزة بسيطة لفرز الثلج ثم حساب متوسط المعادل المائى لها . وتستخدم هذه الطريقة أحيانا كوسيلة مساعدة للقياس بواسطة « ميزان الثلج » ، وهى مفيدة بصفة خاصة لقياس غطاءات الثلج السمكية ، ولهذا فإنها تستخدم على نطاق واسع فى المناطق التى يكثر فيها تساقط الثلج .

استكمال النقص فى إحصاءات المطر :

من المتفق عليه دوليا فى الوقت الحاضر أن فترة ٣٠ سنة متتالية هى أصح فترة لحساب المعدلات المناخية ، إذ أن طول هذه الفترة يكفى لتغطية كل التغيرات التى تطرأ على أى عنصر من عناصر المناخ من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى . ومع ذلك فإن الأمر قد يختلف من منطقة إلى أخرى على حسب نوع المناخ . ففى المنطقة الاستوائية مثلا تسير الأحوال المناخية بانتظام تقريبا ، وقلما تحدث فروق كبيرة فى المتوسطات اليومية أو الشهرية أو السنوية . وفى مثل هذه المناطق يمكن استخراج المعدلات الصحيحة من متوسطات بضع سنوات فقط . وذلك بخلاف الحال فى المناطق التى تتعرض لتغيرات جوية أو مناخية كبيرة من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى ، وأهمها المناطق المعتدلة التى تتعرض لمرور المنخفضات الجوية فى أوقات غير ثابتة فتؤدى إلى حدوث تقلبات جوية عنيفة يظهر تأثيرها فى كل عناصر المناخ ، وكذلك المناطق الجافة وشبه الجافة التى تتغير فيها كميات الأمطار السنوية تغيرا كبيرا من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى . ففى مثل هذه المناطق يكون من الأفضل حساب المعدلات من أرقام مدة أطول ولتكن ٣٥ سنة مثلا .

وعلى أى حال فإن معظم المحطات المناخية فى معظم الدول النامية لم تبدأ عملها إلا منذ سنوات قليلة ، ولهذا فلا تتوفر لها التسجيلات المناخية للمدة المتفق عليها فوريا . وفى مثل هذه الأحوال يمكن حساب المعدلات من "التسجيلات المتوفرة لأى عدد من السنين مع ضرورة ذكر السنوات التى استخدمت بياناتها لحساب المعدلات .

وكثيرا مايواجه الباحث بمشكلة عدم توفر بيانات بعض العناصر المناخية لشهر أو لسنة أو أكثر فى محطة من المحطات ، وفى مثل هذه الحالة فإنه يستطيع أن يقدر البيانات المفقودة بالاسترشاد ببيانات محطتين أو ثلاث محطات قريبة منها . وكلما كانت ظروف المحطة المراد تكملتها بياناتها المفقودة مشابهة لظروف المحطات القريبة منها . وكانت متوسطاتها قريبة من متوسطاتها بحيث لا تزيد الفروق بينها عن ١٠٪ كان التقريب مقبولا ، أما إذا زادت الفروق عن هذا الحد فيحسن اللجوء إلى بعض الحسابات الأكثر دقة . ومثال ذلك العملية التى تجريها محطة الأرصاد الجوية الأمريكية لملء ثغرات بيانات الأمطار، وتتلخص فى حساب البيانات الناقصة من متوسطات ثلاث محطات قريبة منها ومشابهة لها فى ظروفها وذلك بمقتضى المعادلة الآتية :

$$م_3 = \frac{1}{3} \left(\frac{م_1}{م_2} \times م_2 + \frac{م_1}{م_3} \times م_3 + \frac{م_1}{م_4} \times م_4 \right)$$

وذلك على أساس أن م_٣ هى المحطة المطلوب حساب مطرها فى فترة ما ، وأن م_١ هى مطر هذه الفترة وهى مجهولة . بالنسبة للمحطة م_٢ ومعروفة فى المحطات الثلاث الأخرى وهى أ ، ب ، ج ، وأن م_٣ هى المتوسط السنوى للمطر فى المحطات الأربع .

مثال : إذا كانت سنة ١٩٦٠ مفقودة فى المحطة م_٣ وكانت أمطار نفس

السنة في المحطات أ و ب و ج هي ٤٥ و ٥٥ و ٤٤ سم .
وكان المعدل السنوي العام في المحطة س هو ٥٠ وكان في المحطات أ و ب و ج
هو ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ سم فإن حساب السنة المفقودة في س (م) يكون كما
يلي :

$$م \times \frac{1}{3} = \left(٤٤ \times \frac{٥٠}{٥٥} + ٥٥ \times \frac{٥٠}{٥٠} + ٤٥ \times \frac{٥٠}{٤٥} \right)$$

$$= \left(\frac{٢٢٠٠}{٥٥} + \frac{٢٧٥٠}{٥٠} + \frac{٢٢٥٠}{٤٥} \right) \times \frac{1}{3}$$

$$= \frac{1}{3} (٤٠ + ٥٥ + ٥٠) = \frac{1}{3} (١٤٥)$$

$$= ٤٨,٣ \text{ سم}$$

التباين في كميات المطر السنوية والشهرية :

إن معرفة مدى انتظام سقوط الأمطار أو تباينها من سنة إلى أخرى تعتبر من
الموضوعات التي لا بد منها عند البحث في أي مظهر من مظاهر النشاط البشري
التي يتوقف نجاحها على ضمان سقوط كميات سنوية وشهرية معروفة تقريبا
مثل توفير المياه اللازمة للشرب أو للاستغلال الزراعي وتنمية الثروة الحيوانية
الرعية وغيرها .

وتظهر خطورة التباين في كميات المطر السنوية والشهرية واضحة بصفة
خاصة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة لأن أي نقص في كمية الأمطار عن معدلها
السنوي أو الشهري قد يؤدي إلى خسائر جسيمة في الإنتاج الزراعي المطري
وفي الثروة الحيوانية الرعية، بل وقد يؤدي كذلك إلى نقص المياه الجوفية
وحدوث أزمات في توفير مياه الشرب، ولهذا فإن حساب التباين في كميات
الأمطار السنوية والشهرية في مثل هذه المناطق يمثل موضوعا أساسيا في دراسة

مناخها وماله من علاقات مباشرة بعمرانها واستغلال أراضيها في التسيية الزراعية والحيوانية .

ويستخدم للتعبير عن معدل التغير في كمية المطر تعبيران أحدهما عكس الآخر وهما معدل التغير أو معامل التغير Variability ومعامل المواظبة أو الانتظام Reliability أو Dependability ، وكلما ارتفع معامل التغير كلما نقص معامل المواظبة .

وتستخدم لحساب معامل (أو معدل) التغير في كمية المطر السنوية في أى منطقة عدة أساليب منها :

١ - الطريقة الحسابية البسيطة وفيها يستخرج متوسط زيادات الأمطار ونقصاناتها عن المعدل السنوى في المنطقة ، ثم يوضع هذا المتوسط في صورة نسبة مئوية من المعدل العام ، فكلما زادت النسبة المئوية دل ذلك على أن كمية المطر تتغير تغيرا كبيرا من سنة إلى أخرى .

كما يأتى :

$$\text{معامل التغير} = \frac{\text{متوسط الزيادات والنقصانات عن المعدل}}{\text{معدل المطر}} \times 100$$

ويتبين من الخريطة شكل (٦٣) أن أكثر الأقاليم تعرضا لتغير كمية المطر من سنة إلى أخرى هي الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية التى يزيد معامل التغير فيها عن ٣٠٪ أما أقلها عرضة لهذا التغير فهي الأقاليم الاستوائية حيث يقل معامل هذا التغير عن ١٥٪ .

٢ - حساب معامل الانحراف والانحراف المعياري :

أ - معامل الانحراف Variance :

المقصود بمعامل الانحراف ، أو معامل التباين ، هو معامل انحراف القيم (أى كميات الأمطار) السنوية أو الشهرية عن المتوسط .



شكل (٦٢)
معدل النغير السنوي في كمية المطر

ولحساب معامل انحراف أمطار منطقة من المناطق خلال عدد من السنين
تتبع الخطوات الآتية :

يستخرج المتوسط الحسابي لقيم أمطار هذه السنوات ، وذلك بجمعها ثم
قسمتها على عددها .

تحتسب الفروق بين كل القيم والمتوسط الحسابي سواء بالسالب أو
بال موجب ، وتعرف هذه الفروق بالانحرافات ، ويمكن أن يرمز لها
بالحرف م .

تربع كل الانحرافات ويتم جمعها (مج م') .

يحسب معامل الانحراف (Variance) الذي يرمز له عادة بالرمز S^2
بالمعادلة الآتية :

$$\frac{\text{مج م}^2}{\text{ن (عدد القيم)}} = S^2$$

ب - الانحراف المعياري Standard Variation

الانحراف المعياري ومعامل الانحراف هما صيغتان لتحقيق هدف واحد ،
ويمكن استخراج أحدهما من الآخر . فإذا كان الانحراف المعياري هو ع فإن
معامل الانحراف يكون ع' . والعكس صحيح أى إذا كان معامل الانحراف
ع' فإن الانحراف المعياري يكون $\sqrt{\text{ع}'}$ = ع

$$\text{وبما أن معامل الانحراف} = \frac{\text{مج م}^2}{\text{ن}} \text{ فإن الانحراف المعياري يكون } \sqrt{\frac{\text{مج م}^2}{\text{ن}}}$$

وأهم فوائد حساب معامل الانحراف والانحراف المعياري هو معرفة مدى
التباين في كميات الأمطار (أو قيم أى ظاهرة أخرى) فكلما كانا مرتفعين دل
ذلك على وجود تباين كبير في هذه الكميات ، وهما بعبارة أخرى يقيسان
مقدار التشتت في توزيع الظاهرة .

وفيما يلي على سبيل المثال حساب معامل انحراف الأمطار وانحرافها المعياري
لأحدى المناطق خلال عشر سنوات (جدول ١٢)

جدول (١٢)
حساب معامل الانحراف والانحراف المعياري لأمطار إحدى المناطق

السنة	الأمطار (سم) س	الانحراف م (س - م)	مربعات الانحراف م ^٢
١٩٧٠	٩	٣ -	٩
٧١	١١	١ -	١
٧٢	٨	٤ -	١٦
٧٣	١٤	٢ +	٤
٧٤	٦	٦ -	٣٦
٧٥	١٠	٢ -	٤
٧٦	١٥	٣ +	٩
٧٧	١٧	٥ +	٢٥
٧٨	١٦	٤ +	١٦
٧٩	١٤	٢ +	٤

١٤٤

المجموع ١٢٠

المتوسط م = ١٢

$$\text{معامل الانحراف (ع)} = \frac{\sum \text{م}^3}{\sum \text{م}^2} = \frac{144}{10} = 14,4$$

$$\text{الانحراف المعياري (ع)} = \sqrt{\frac{\sum \text{م}^2}{\text{ن}}} = \sqrt{\frac{144}{10}} = 3,8$$

حساب متوسط مياه المطر على أى منطقة :

من المفروض عند توزيع مقاييس المطر على أى منطقة أن تغطى هذه المقاييس معظم أجزاء المنطقة وأن تكون موزعة توزيعا صحيحا حتى تبين الاختلافات المحلية لكميات الأمطار الساقطة .

وعلى أى حال فمن الممكن استخدام إحدى الطرق الحسابية لحساب كمية المطر التى تسقط على المنطقة من قراءات المراصد الموجودة بها ، ومن أبسط هذه الطرق ما يأتى :

طريقة المتوسط الحسابى

طريقة الوزن المساحى .

طريقة خطوط المطر المتساوى .

أ - طريقة المتوسط الحسابى (١)

وهى أبسط طريقة لحساب متوسط كمية المطر على أى منطقة ، إذ أنها لا تتطلب أكثر من جمع متوسطات الأمطار التى تسجلها شبكة المراصد وقسمتها على عددها كما يأتى :

$$م (متوسط المطر على المنطقة) = \frac{\text{مجموع الأمطار التى تسجلها كل المراصد}}{\text{عددها}}$$

وهذه الطريقة تصلح للمناطق ذات السطح المستوى تقريبا ، وخصوصا إذا كانت مراصدها موزعة عليها توزيعا جيدا .

وفى المناطق الأخرى يمكن الحصول على نتائج مقبولة إذا كانت المراصد ممثلة للمنطقة تمثيلا صادقا حيث أن النقص الذى تظهره بعض المراصد تعوضه الزيادة التى تظهرها المراصد الأخرى .

وهذه الطريقة تعطى نتيجة موضوعية سريعة ، ويسهل استخدام الآلات الحاسبة لاستخراج نتائجها .

Wiesner, C.J. (1970), Op. cit, P. 122.

(١)

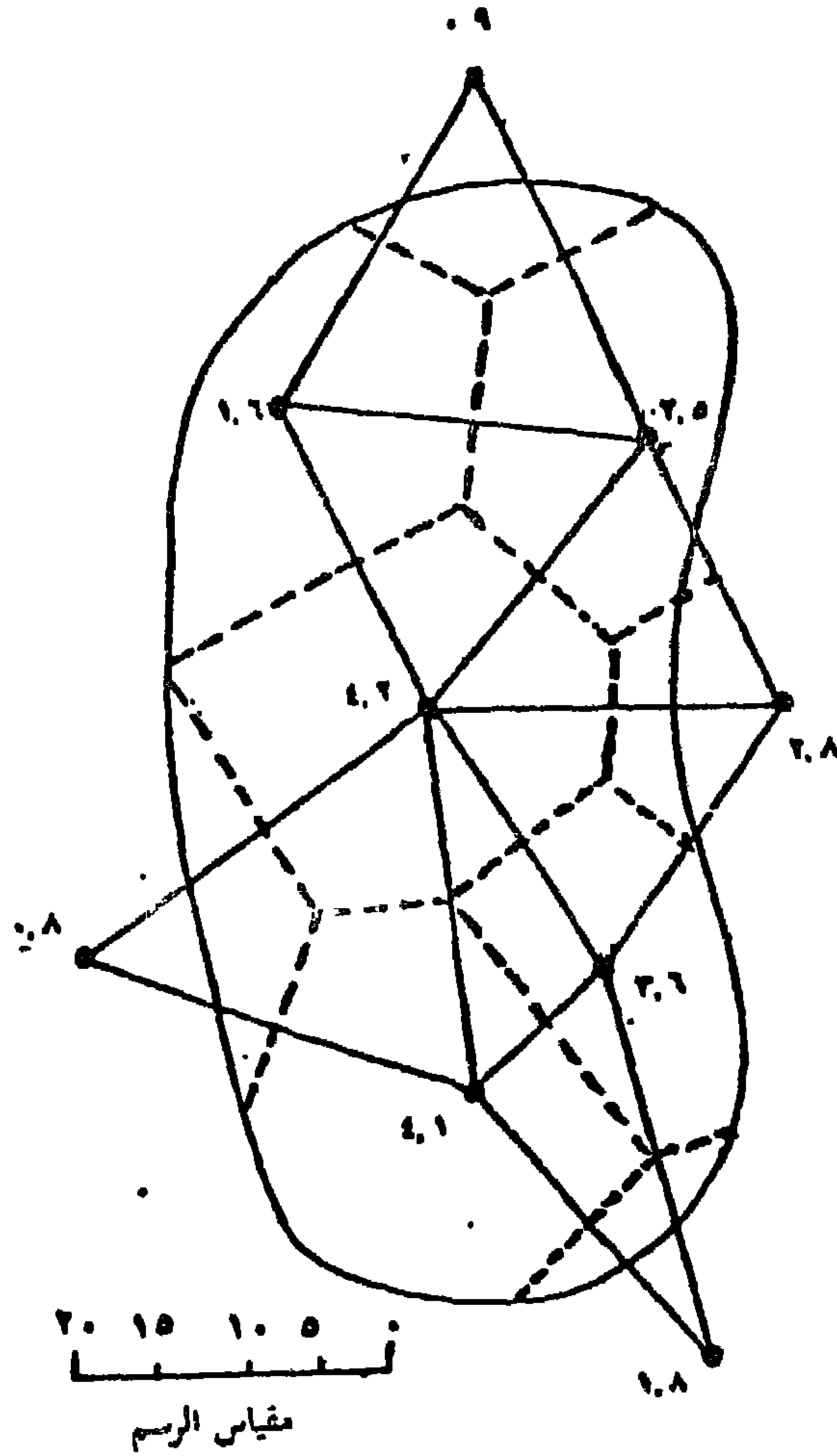
فمن مرق أن شكل (٦٣) يمثل المنطقة التي يراد حساب متوسط أمطارها وأن بها خمس محطات فإن المتوسط الحسابي لأمطارها على حسب المتوسطات المسجلة بجانب المحطات يكون :

$$\bar{x} = \frac{160}{5} = \frac{4.1 + 3.6 + 4.2 + 2.5 + 1.6}{5} = 3.2 \text{ سم}$$

ب — طريقة الوزن المساحي^(١) Areal Weaghting

هذه الطريقة هي أدق الطرق إذا أحسن استخدامها ، وعند تطبيقها يعطى لكل محطة وزن يتناسب مع المساحة التي تمثلها . ولتحديد هذه المساحة توصل المحطات المجاورة بخطوط ثم تنصف هذه الخطوط ويقام على منتصف كل منها عمود بحيث يتكون حول كل محطة شكل مضلع ، ثم تحسب مساحة كل مضلع بواسطة البلاييمتر أو بأي طريقة أخرى ، مثل طريقة المربعات ، ثم تستخرج النسبة المئوية لمساحة كل مضلع إلى المساحة الكلية للمنطقة فتكون هذه النسبة هي « وزن المحطة » ، وبهذه الطريقة يكون لكل محطة في المنطقة وزن خاص بها . مع ملاحظة أن المحطات التي تقع خارج هذه المنطقة ، والتي يلزم استخدامها في رسم المضلعات بحسب وزنها على أساس الجزء الذي يقع داخل المنطقة فقط من المضلع الذي حولها . ويفترض في هذه الطريقة أن التغير في الأمطار بين المحطات يسير بانتظام بغض النظر عن توزيع المحطات . إلا في حالة وجود اختلافات طوبوغرافية وامتورولوجية واضحة (أنظر شكل ٦٣) والجدول (١٣) .

فإذا نظرنا إلى نفس المنطقة المثلة بشكل ٦٣ وكانت توجد خارجها أربع محطات بجانب الخمس التي بداخلها فإن حساب متوسط أمطارها بطريقة الوزن المساحي تكون كما في الجدول (١٣) .



شكل (٦٣)
حساب كمية المطر
على أى منطقة بطريقة الوزن المساحى

جـ - الطريقة التى تعتمد على خطوط المطر المتساوى :

فى هذه الطريقة ترسم خطوط المطر المتساوى للمنطقة ، بحيث يراعى فى رسمها تأثير عوامل التضاريس ، واتجاه المنحدرات ، وخطوط سير العواصف الممطرة حتى نكون الخطوط معبرة عن التوزيع الحقيقى للمطر بقدر الإمكان ، ثم تقاس مساحات المحصورة بين كل خطين متجاورين من الخطوط ، ويكون

جدول (١٣) حساب متوسط أمطار إحدى المناطق بطريقة الوزن المساحي

مطر المحطات سم	المساحة (وحدات)	% من المساحة الكلية (الوزن المساحي)	المطر \times الوزن المساحي ١٠٠
١,٦	٦,١	١٦,٣	٠,٢٦ ١
٤,٢	٨,٤	٢٢,٣	٠,٩٣ ٨
٠,٨	١,٦	٤,٤,٤	٠,٠٣٥
٤,١	٧,٥	٢٠,١	٠,٨٢ ٤
١,٨	٠,٨	٢,٢	٠,٠٤٠
٣,٦	٤,٧	١٢,٥	٠,٤٥٠
٢,٨	٠,٧	٢,٠	٠,٠٥٦
٢,٥	٦,٢	١٦,٤	٠,٤١٠
٠,٩	١,٤	٣,٨	٠,٠٣ ٤
الجملة	٣٧,٤	١٠٠,٠	المتوسط ٣,٠٥ سم

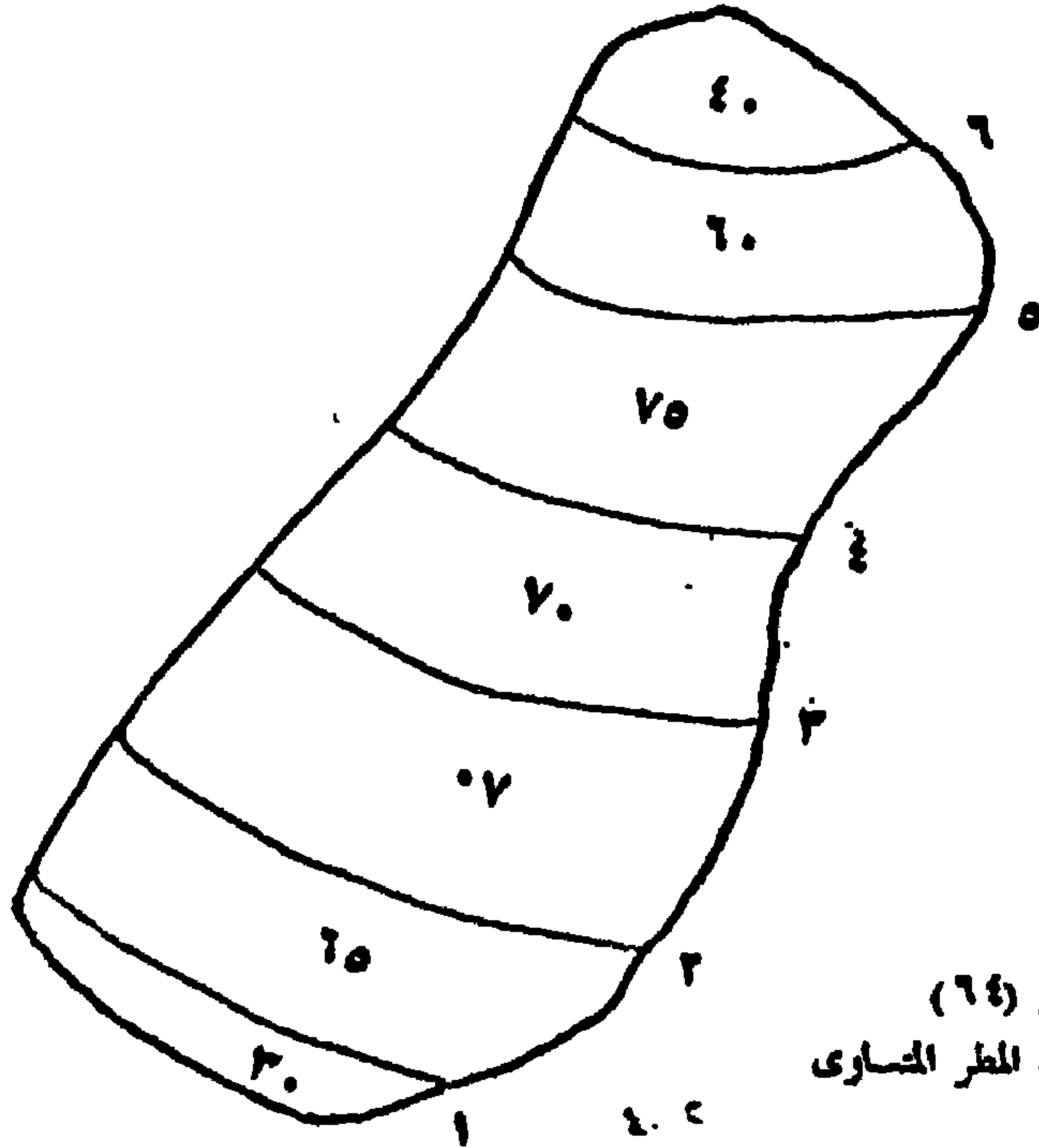
متوسط الأمطار في كل مساحة هو متوسط قيمتي خطي المطر اللذين يحددانها ، مع مراعاة أن يكون هذا المتوسط أقرب نوعاً ما إلى قيمة أطول الخطين منه إلى قيمة الخط الأقصر . ثم يضرب متوسط مطر كل منطقة في مساحتها لتستخرج كمية المطر الساقطة عليها ، ثم تجمع كل الكميات وتقسّم على مساحة المنطقة كلها فيكون الناتج هو متوسط أمطار المنطقة كما في المثال التالي (شكل ٦٤) وجدول (١٤) .

جدول (١٤)

استخراج متوسط أمطار إحدى المناطق باستخدام خطوط المطر المتساوي

كمية المطر في كل مساحة	متوسط المطر من كل عظم	مساحة المساحة من كل عظم	حجم المساحة بين الخطوط	خطوط المطر المتساوي
٢٤٨	٦	٤٠	٤٠	٦
٤٢٠	٧	٦٠	١٠٠	٥
٣٠٠	٤	٧٥	١٧٥	٤
٥٦٠	٨	٧٠	٢٤٥	٣
٣٢٠	٤	٨٠	٣٢٥	٢
٣٩٠	٦	٦٥	٣٩٠	١
٤٢٠	٤	٣٠	٤٢٠	٠
٢٣٥٠		٤٢٠	المجملة	

متوسط أمطار المنطقة $\frac{2350}{420} = 5,6$ سم



شكل (٦٤)
طريقة خطوط المطر المتساوي

(١) نيمان شحادة — مرجع سبق ذكره — ص ٨٥ — ٨٧

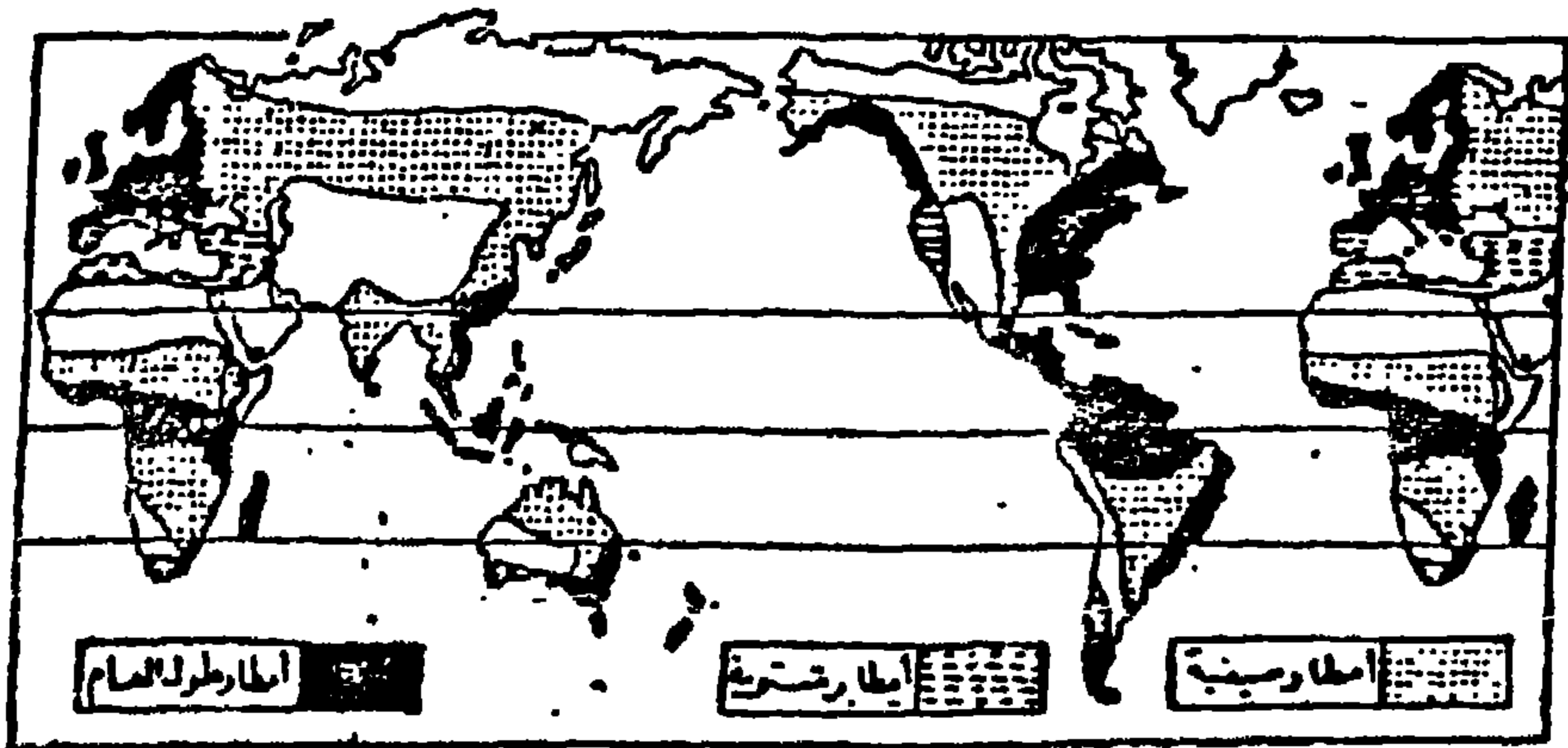
نظم المطر Rainfall Regimes

المقصود بنظام المطر هو كيفية توزيعه على أشهر وفصول السنة . وهو يتضمن بالضرورة معرفة معدلاته السنوية والشهرية والعوامل التي لها دخل في سقوطه وغازاته وأنواعه وأشكاله ومدى انتظامه أو تذبذبه .

وقبل أن نستعرض أهم نظم المطر في العالم يحسن أن نلقى نظرة عامة على التوزيع الفصلي العام للأمطار على سطح اليابس كما هو موضح في الخريطة المبسطة شكل (٦٥) . وفيها يتضح أن الأقاليم الممطرة تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

١ - أقاليم ممطرة طول العام :

وتوجد عموما على امتداد خط الاستواء ، وفي المناطق المطلة على المحيطات في شرق القارات وخصوصا في الجزر والمناطق الساحلية في العروض المدارية وغرب أوروبا وعلى السواحل الشمالية الغربية لأمريكا الشمالية والجنوبية الغربية لأمريكا الجنوبية ، وفي جزر نيوزيلنده .



شكل (٦٥)
التوزيع الفصلي
للأمطار على سطح الكرة الأرضية

٢ - أقاليم ممطرة صيفا :

وتوجد عموما إلى الشمال وإلى الجنوب من الأقاليم الممطرة طول العام حول خط الاستواء . والأقاليم التي تهب عليها الرياح الموسمية الممطرة صيفا والموسمية الجافة شتاء وأهمها الهند ومعظم شرق آسيا والحبشة وشمال استراليا والأقاليم الداخلية المعتدلة في شرق أوزوبا وغرب آسيا ووسط أمريكا الشمالية .

٣ - أقاليم ممطرة شتاء :

وهي موجودة في غرب القارات بين خطي عرض ٣٠° ، ٤٠° في نصف الكرة ، وأكبرها هو إقليم حوض البحر المتوسط في العالم القديم ، وإلى جانبه توجد أشربة ساحلية في غرب أمريكا الشمالية (كاليفورنيا) وفي غرب أمريكا الجنوبية (شيلي) وفي الطرف الجنوبي الغربي لأفريقيا والطرف الجنوبي الغربي لاستراليا (وسنعود لذكر هذه المناطق عند الكلام على نظام البحر المتوسط وهو النظام المعروف لهذه الأقاليم) .

ولكن على الرغم من تمييزنا لهذه الأنواع الثلاثة من الأقاليم الممطرة فيجب ألا نتصور أن هناك حدودا واضحة بين بعضها وبعض أو بين بعضها والمناطق الصحراوية المجاورة لها ، لأن أقاليم المطر ، بل الأقاليم المناخية عموما ، تتداخل في بعضها بشكل تدريجي في أغلب الأحيان بحيث تظهر بين بعضها وبعض أقاليم انتقالية يصعب ضمها إلى أي منها ، ف فيما بين الأقاليم الممطرة طول العام والأقاليم التي يسقط مطرها شتاء أو الممطرة صيفا توجد أقاليم يسقط مطرها في فصلين أو أكثر . وفيما بين الأقاليم الممطرة والأقاليم الصحراوية توجد أقاليم متوسطة قد يكون بعضها أقرب إلى الأولى وبعضها الآخر أقرب إلى الثانية ، بل كثيرا ما نجد بين الأقاليم التي تنتمي إلى نظام واحد اختلافات جوهرية في كمية المطر أو توزيعه على الأشهر أو نوعيته وعوامل سقوطه . وذلك بسبب اختلاف الظروف المحلية التي لها دخل في سقوط المطر أو في توزيعه الزماني أو المكاني وأهمها الموقع والتضاريس .

وفيما يلي عرض موجز لأهم نظم المطر في العالم (شكل ٦٦) وهى :-

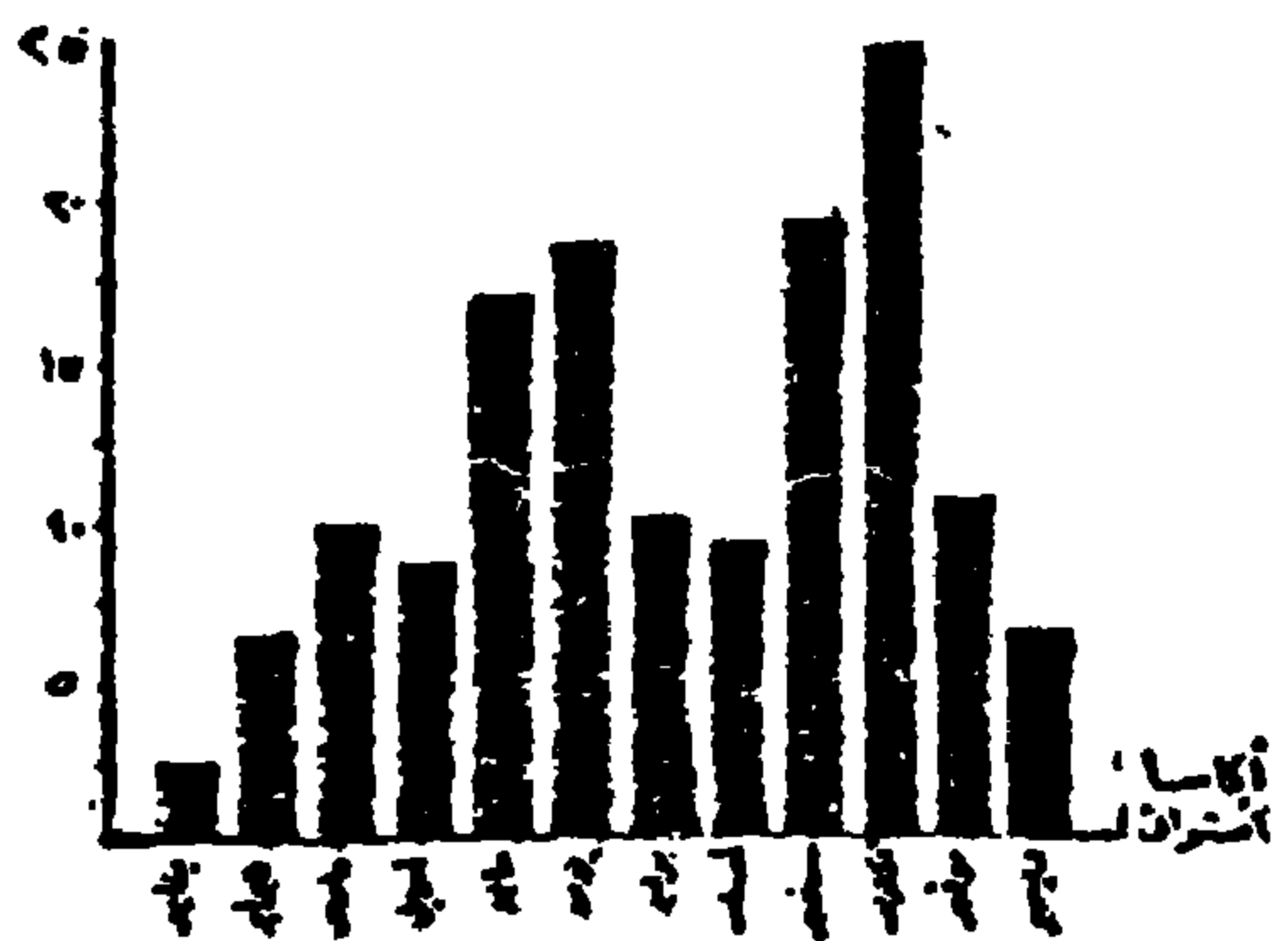
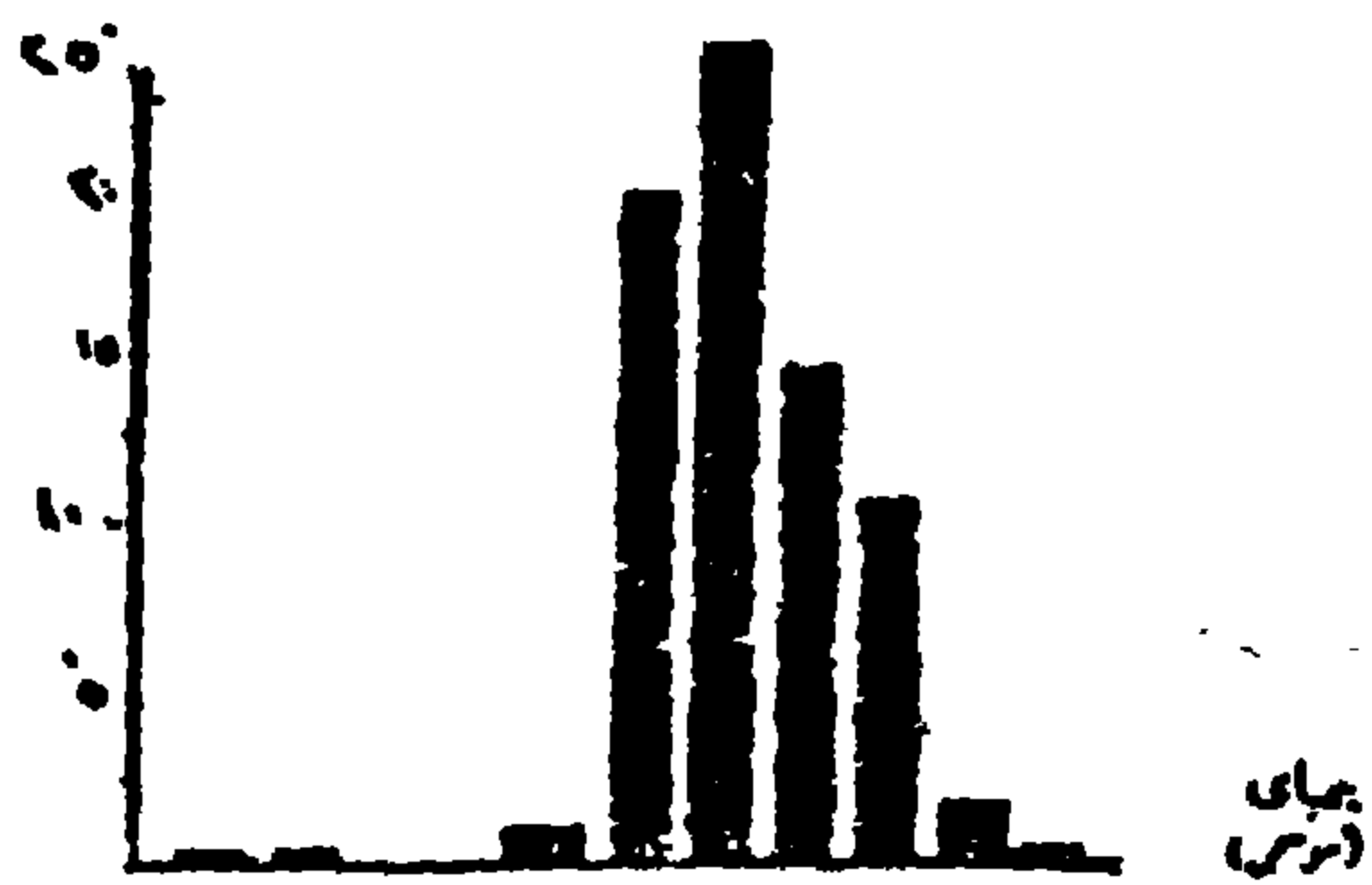
١ - النظام الاستوائى : ويظهر في الأقاليم الواقعة حول خط الاستواء ويمتاز بأن أمطاره تسقط بغزارة طول السنة ، إلا أن لها قمتين تتفقا مع فصلى الربيع والخريف ، وهما الفصلان اللذان تكون الشمس فيهما متعامدة على خط الاستواء ، ويمكننا أن نلاحظ وجود هاتين القمتين بوضوح إذا راجعنا أرقام بلدة أكاسا في غرب إفريقية والمنحنى البياني الذى يوضحها ، ويتراوح المعدل السنوى للمطر في معظم مناطقه بين ١٥٠ و ٢٥٠ سنتيمترا .

٢ - النظام شبه الاستوائى (أو دون الاستوائى) : ويظهر ما بين خطى عرض ٥° و ٨° تقريبا في نصف الكرة الشمالى والجنوبى ، وأمطاره أقل نوعا ما من أمطار النظام الاستوائى ، كما أنه يتميز عنه بظاهرتين هما :
أ - جفاف فصل الشتاء تقريبا .

ب - اقتراب قمتى المطر بحيث تظهر إحداهما في أوائل فصل الصيف والثانية في أواخره ، ويزداد تقارب قمتى المطر كلما بعدنا عن خط الاستواء نتيجة لتناقص طول المدة التى تفصل بين مرتقى تعامد الشمس على العروض الواقعة بين المدارين . ويتراوح المعدل السنوى لأمطار هذا النظام بين ١٠٠ و ١٥٠ سنتيمترا ، وتمثله بلدة منجلا في جنوب السودان .

٣ - النظام المدارى القارى (أو السودانى) : وأهم ما يميز به هو سقوط الأمطار كلها تقريبا في فصل الصيف ، وهو يظهر على جانبي النظام دون الاستوائى حتى خط عرض ١٨° تقريبا في نصف الكرة الشمالى والجنوبى ، وفيه تختفى قمتا المطر اللتان لاحظنا وجودهما في النطائين السابقين وتحل محلها قمة واحدة في منتصف فصل الصيف ، ويمثل هذا النظام بصفة خاصة في بلاد السودان ، ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ٤٠ و ١٠٠ سنتيمتر ، وتمثله بلدة الدويم على النيل الأبيض في السودان .

ويلاحظ أن أمطار النظم الثلاثة السابقة كلها تقريبا من نوع أمطار التيارات



شكل (٦٦) أهم نظم المطر في العالم

الصاعدة ، التى تنشأ نتيجة لسخونة الهواء القريب من سطح الأرض وارتفاعه إلى أعلى ، ولذلك فإن قمتها تتفق غالبا مع وقت تعامد الشمس .

٤ — النظام المدارى البحرى (أو نظام موزمبيق) : ويظهر على بعض للسواحل الشرقية للقارات إلى الجنوب من النطاق الاستوائى وتسقط أمطاره طول العام . وفى فصل الصيف تدخل هذه السواحل فى نطاق الضغط المنخفض الاستوائى وتسقط عليها الأمطار بسبب التيارات الصاعدة ، أما فى فصل الشتاء فإنها تدخل فى نطاق الرياح التجارية الجنوبية الشرقية بسبب ترحل نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الشمال . ونظرا لأن هذه الرياح تهب من ناحية بحار داخلة فإنها تؤدي إلى سقوط كميات كبيرة من الأمطار ، وهو يمثل بصفة خاصة على سواحل موزمبيق وسواحل جنوب شرق البرازيل والأرجنتين وجنوب شرق الولايات المتحدة . ويتراوح المعدل السنوى للأمطاره بين ١٠٠ و ٢٠٠ سنتيمتر .

٥ — النظام الموسمى : وهو يشبه النظام السودانى فى أن أمطاره تسقط صيفا ، ولكن الأمطار الموسمية تكون غالبا أشد غزارة من أمطار النظام السودانى وسببها غالبا هو الرياح الموسمية الصيفية التى تهب من المحيطات نحو اليابس ، خصوصا نحو الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من القارات ، ويظهر هذا النظام فى مناطق واسعة فى جنوب شرق وشرق آسيا ، وكذلك فى جنوب شرق الولايات المتحدة ، وتمثله مدينة بمباى فى الهند ، وتباين معدلات أمطاره تباينا كبيرا من مكان إلى آخر ، ولكنها تتراوح عموما بين ١٥٠ و ٣٠٠ سنتيمترا فى السنة .

٦ — نظام البحر المتوسط : وفيه تسقط كل الأمطار أو معظمها فى فصل الشتاء ، وهو يظهر على السواحل الغربية للقارات ما بين خطى عرض ٣٠° و ٤٠° تقريبا ، وتسقط أمطاره بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاقها . وأكبر منطقة يظهر فيها هى حوض البحر المتوسط والبلاد المحيطة به فى جنوب أوروبا وشمال إفريقيا وغرب آسيا ، وهذا هو السبب فى

تسميته بنظام البحر المتوسط ، وتمثله بلدة أرمير في تركيا . ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ٥٠ و ١٥٠ سنتيمترا .

٧- نظام السواحل الشرقية المعتدلة : ويظهر في نفس العروض التى يظهر فيها نظام البحر المتوسط ولكن على السواحل الشرقية للقارات ، وتسقط أمطاره طول السنة تقريبا ، ففي فصل الصيف تسقط الأمطار بسبب الرياح الموسمية أو الرياح التجارية التى تهب على هذه السواحل من ناحية البحر ، أما فى فصل الشتاء فتسقط بسبب المنخفضات الجوية التى تأتى من ناحية الغرب عندما تدخل هذه السواحل فى نطاق الرياح الغربية ، بسبب ترحل نطاقات الضغط العامة نحو خط الاستواء ، ولكن الأمطار الصيفية تكون أغزر بكثير من أمطار الشتاء . ويوجد هذا النظام بصفة خاصة فى إقليم ناتال بجنوب شرق إفريقيا وفى جنوب ووسط الصين ، وتمثله مدينة تشو نكنج «Chung King» وهو الذى يطلق عليه أحيانا اسم النظام الصينى . ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ١٠٠ و ٢٠٠ سنتيمتر .

٨ - نظام غرب أوروبا : ويوجد على السواحل الغربية للقارات إلى الشمال من نظام البحر المتوسط فى نصف الكرة الشمالى وإلى الجنوب منه فى نصفها الجنوبى ، وتسقط أمطاره طول السنة بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية التى تهب على هذه السواحل من ناحية البحر . وتزداد الأمطار بصفة خاصة فى فصل الشتاء والخريف اللذين تكثر فيهما المنخفضات . وأكبر منطقة يتمثل فيها هذا النظام هى السواحل الغربية لأوروبا ، وهذا هو السبب فى تسميته باسمها ، وتمثله مدينة فالنسيا على الساحل الغربى لأيرلندا ، ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ١٠٠ و ٢٥٠ سنتيمترا .

٩ - النظام القارى فى العروض المعتدلة : ويوجد فى الأجزاء الداخلية من القارات فى نطاق الرياح الغربية ، وتسقط معظم أمطاره فى فصل الصيف والربيع لأن الياوس يكون وقتئذ مركزا لضغط منخفض، ولهذا فإن الرياح الغربية والمنخفضات الجوية تستطيع أن تتوغل كثيرا فى الياوس . وتسقط بعض

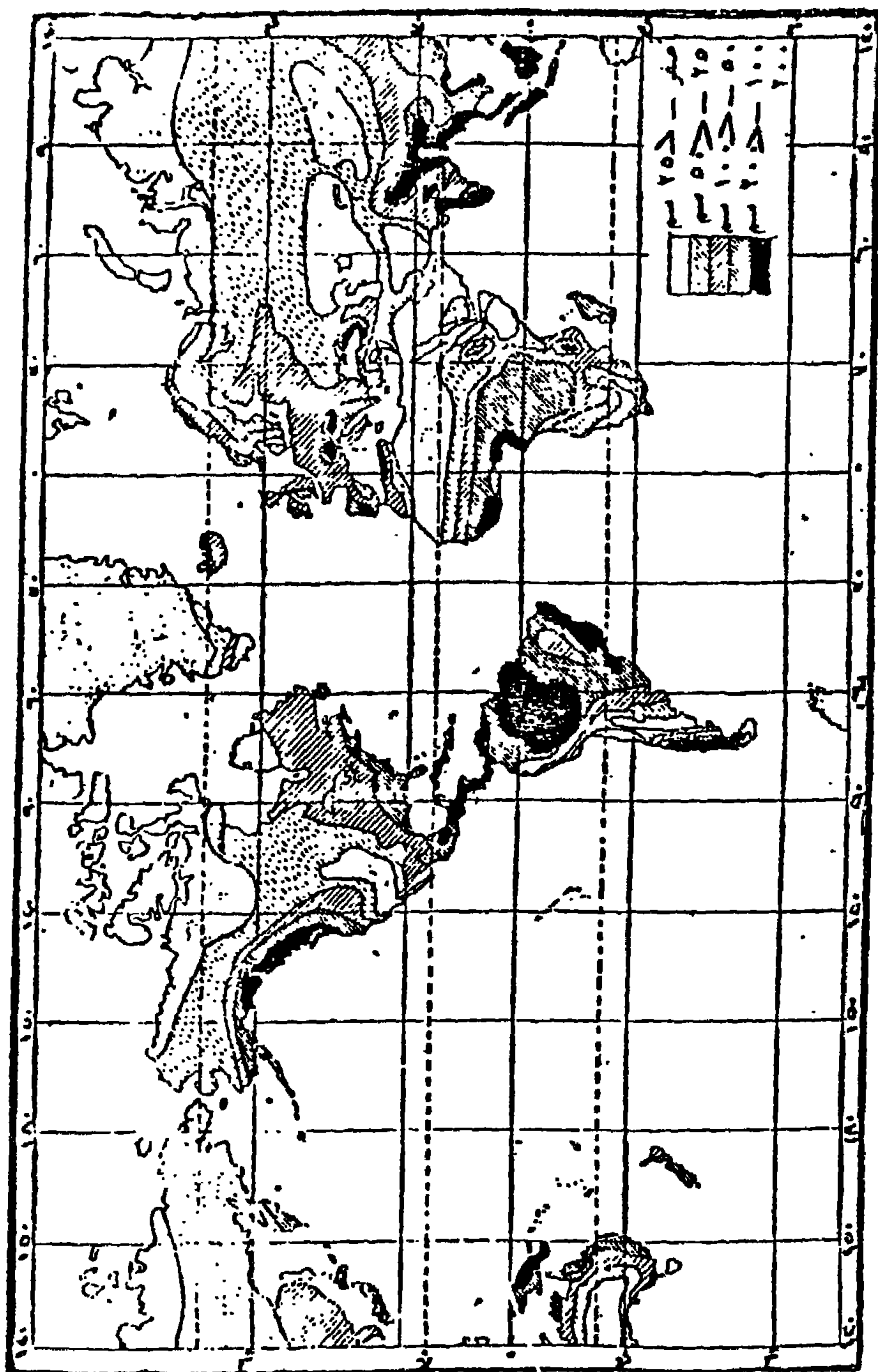
أمطار هذا النظام أيضا بسبب التيارات الصاعدة التي منط في فصل الصيف والربيع نتيجة لاشتداد حرارة اليابس ، وهو يظهر في مساحات واسعة في وسط وشرق أوروبا ، وفي السهول الوسطى لأمريكا الشمالية ، وتمثله مدينة كييف في أوكرانيا ، وتتراوح معدلات أمطاره السنوية بين ٥٠ و ١٢٠ سنتيمترا .

١٠ — النظام الصحراوي : وأمطاره قليلة جدا بحيث لا تكفى لقيام حياة نباتية ذات قيمة تذكر ، والواقع أن المطر الصحراوي ليس له نظام واضح لا في كميته ولا في توزيعه الزمني أو المكاني ، فقد ينقطع سقوطه لبضع سنوات ثم يعود فيهمر فجأة بغزارة متناهية يترتب عليها جرف التربة وقطع الطرق وغرق القرى والواحات . وهو عادة من مطر التصعيد الذي تأتي به عواصف رعد شديدة . ومع ذلك فإن أمطار بعض الصحاري الواقعة على أطراف الأقاليم المطيرة تكون منتظمة نوعا ما ، ويكون موسم سقوطها هو نفس موسم سقوطها في المناطق المطيرة . ففي الأطراف الشمالية للصحراء الكبرى مثلا يكون الموسم الرئيسي للمطر هو فصل الشتاء تبعا لموسم سقوطه في حوض البحر المتوسط ، بينما يكون الموسم في الأطراف الجنوبية هو فصل الصيف تبعا لموسم سقوطه في نطاق السفانا . ولاتزيد أمطار المناخ الصحراوي عموما عن ٢٥ سم . وحيثما تكفى الأمطار لثبو حشائش تصلح كمراع فقيرة يمكن أن يوصف المناخ بأنه شبه صحراوي .

توزيع الأمطار على سطح اليابس

تبين الخريطة شكل (٦٧) توزيع المعدلات السنوية للأمطار في العالم ، ويمكننا بمجرد النظر إليها أن ندرك أن الأمطار لا تخضع في توزيعها على سطح الأرض لعامل واحد ، بل انها تتأثر بعوامل كثيرة أهمها :

١ — وجود المسطحات المائية ، فالمناطق التي تحيط بها بحار واسعة تكون في العادة أكثر مطرا من المناطق البعيدة عن البحار ، ويرجع ذلك إلى أن الهواء



شكل (٢٧) توزيع المعدلات السنوية للأمطار في العالم

في المناطق الأولى يكون أكثر رطوبة من الهواء في المناطق الثانية ، وذلك على فرض تساويهما في درجة الحرارة ونظام التضاريس .

٢ — ارتفاع درجة الحرارة فهذا الارتفاع يساعد على نشاط عملية التبخر وازدياد الرطوبة في الهواء ، فضلا عن أنه يساعد على نشاط حركة التيارات الصاعدة .

٣ — مظاهر التضاريس ، فالمناطق الجبلية تكون عادة أكثر مطرا من السهول ، وتكون المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح دائما أغزر مطرا من المنحدرات الأخرى . وكثيرا ما يؤدي وجود سلاسل جبلية مرتفعة إلى ظهور مناطق صحراوية في السهول المجاورة لها .

٤ — اتجاه الرياح ونوع الهواء الذي تأتي به ، فالرياح التي تهب من ناحية البحر تساعد على سقوط الأمطار ، على العكس من الرياح التي تهب من ناحية اليابس ، والرياح التي تهب من بحار دافئة أو تمر على تيارات بحرية حارة تكون أكثر مطرا من الرياح التي تهب من بحار باردة أو تمر على تيارات مائية باردة .

٥ — المنخفضات الجوية والأعاصير ، فهي كما رأينا في الفصول السابقة تعتبر من العوامل المهمة التي تساعد على كثرة الأمطار في البلاد التي تتعرض لها .

هذا هو ملخص العوامل التي تتدخل في توزيع الأمطار ، ويلاحظ مع ذلك أنه لا توجد حدود واضحة تفصل بين تأثير كل عامل من هذه العوامل وتأثير العوامل الأخرى ، خصوصا وأن كثرة الأمطار أو قلتها في أي إقليم من الأقاليم تكون غالبا راجعة إلى عدة عوامل تعمل جنبا إلى جنب وليس إلى عامل واحد .

النطاقات العامة للمطر :

بفهم سطح اليابس على أساس الأمطار إلى عدة نطاقات كـ : د . سهل كل

منها عددا من الأقاليم الموزعة في القارات المختلفة ، ويتميز كل نطاق من هذه النطاقات ببعض الصفات العامة المتعلقة بنظام سقوط الأمطار وكميتها ، والعوامل التي تسببها وتتحكم في توزيعها ، وكثيرا ما يحدث مع ذلك أن تختلف الأقاليم التي يضمها النطاق الواحد بعضها عن بعض ، على حسب الظروف المحلية الخاصة بكل منها وفيما يلي وصف مختصر للظروف السائدة في نطاقات المطر الرئيسية في العالم وهي :

أولا : النطاق الاستوائي .

ثانيا — نطاق الرياح التجارية .

ثالثا — نطاق الرياح الموسمية (المدارية) .

رابعا — نطاق الرياح الغربية ويشمل :

١ — غرب القارات المعتدل الدافئ ، كما يمثل حوض البحر المتوسط .

٢ — غرب القارات المعتدل البارد ، كما يمثل غرب أوروبا .

٣ — الأقاليم القارية المعتدلة في داخل اليابس .

٤ — الأقاليم المعتدلة في شرق القارات .

أولا — النطاق الاستوائي :

يشمل هذا النطاق الأقاليم الواقعة حول خط الاستواء حيث توحد مناطق الركود الاستوائي ، ويتميز بغزارة أمطاره التي يبلغ معدلها السنوي حوالي ١٥٠ سنتيمترا أو أكثر ، وهي غالبا من نوع أمطار التصعيد ، وتتبع في سقوطها نظاما يوميا مألوفا ، فهي تسقط كل يوم تقريبا بعد الظهر ويكون سقوطها بغزارة شديدة بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء ومقدرته على حمل كميات عظيمة من بخار الماء ، وكثيرا ماتصاحبها عواصف رعد شديدة .

وهذا النظام اليومي للأمطار ليس إلا نتيجة للنظام اليومي لدرجة الحرارة ، فقبل شروق الشمس مباشرة يظهر الضباب الذي يتكون بسبب برودة سطح الأرض نسبيا أثناء الليل ، إلا أن هذا الضباب لا يلبث أن ينقشع بعد شروق

الشمس بقليل ، وتأخذ درجة الحرارة في الارتفاع بسرعة ويتبع ذلك نشاط مستمر في التيارات الهوائية الصاعدة . وحوالى الظهر يكون هذا النشاط قد بلغ أشده ، فتحجب السماء بكثل عظيمة السمك من سحب المزن الركامى ، ويظهر البرق والرعد وتتدفق الأمطار بغزارة شديدة ، وتستمر على ذلك حتى قرب غروب الشمس ، ثم يصفر الجو من جديد ويستمر على ذلك حتى الصباح التالى ، وهكذا .

إلا أن هذا النظام قد يتغير فى بعض المناطق تبعا لظروف محلية خاصة ، ففي غرب إفريقيا ووسطها مثلا تظهر بعض الأعاصير المدارية التى يطلق عليها هنا اسم الترنادو^(١) ، وهى تنشأ عند التقاء رياح الهارماتان الجافة التى تهب من الصحراء الكبرى بالرياح الجنوبية الغربية الرطبة ، التى كانت فى الأصل رياحا تجارية جنوبية شرقية ثم انحرفت نحو الشرق بعد عبورها خط الاستواء ، ويمكن أن تظهر هذه الأعاصير فى أى ساعة من ساعات اليوم سواء أثناء الليل أو أثناء النهار ، ويؤدى ظهورها إلى تدفق الأمطار بغزارة متناهية ، ولكنها لاتدوم غالبا إلا لفترة قصيرة قد لاتزيد على ربع ساعة .

ويتميز كل إقليم من الأقاليم التى تدخل فى النطاق الاستوائى بظروف خاصة يختلف بها عن غيره من الأقاليم ، وتلعب التضاريس ونظام هبوب الرياح دورا مهما فى توزيع الأمطار ، فهى تكثر بصفة خاصة على منحدرات الجبال وعلى السواحل التى تواجه الرياح مباشرة ، ففي إفريقيا مثلا يزيد معدل مايسقط سنويا فوق المنحدرات الغربية لجبال الكمرى على عشرة أمتار ، وذلك لأن الرياح الجنوبية الغربية المحملة بالرطوبة تهب عمودية عليها طوال السنة تقريبا ، أما حوض الكونغو فلا يزيد المعدل السنوى للمطر فى معظم أجزائه على ١٥٠ سنتيمترا ، وذلك بسبب انخفاضه بالنسبة للأقاليم المرتفعة التى تحيط به من جميع الجهات تقريبا ، إذ أن هذه الأقاليم تحول دون وصول الرياح الممطرة إليه . وأمطار هذا الحوض موزعة بانتظام على جميع أشهر السنة ، ولكنها تزداد نوعا

(١) هذا الترنادو يختلف عن الترنادو الذى يظهر فى الأقاليم المعتدلة ، لدى من وضعه

ما في فصلى تعامد الشمس ، لأنها كلها تقريبا من أمطار التصعيد التي تزداد بازدياد درجة الحرارة .

ومما يستلفت النظر أيضا ، أننا نجد في نفس هذا النطاق منطقة شبه صحراوية تشغل معظم الصومال في شرق القارة ، ففي أغلب أجزاء هذه المنطقة لا يزيد معدل المطر السنوي على ٧٥ سنتيمترا ، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل أهمها : ١ - أن الرياح التجارية الشمالية الشرقية التي تهب عليها شتاء تكون جافة بصفة عامة لأنها تأتي من آسيا و ٢ - أن الرياح الجنوبية الغربية التي تهب عليها في فصل الصيف يكون أغلبها موازيا للساحل و ٣ - انخفاض سطح المنطقة وشدة حرارتها مما يؤدي إلى انخفاض الرطوبة النسبية للهواء الذي يصل إليها و ٤ - وقوعها في منطقة ظل المطر بالنسبة لهضبة البحيرات التي تقف في طريق أي رياح ممطرة قد تصل إليها من ناحية الغرب . وفي داخل نفس هذا النطاق توجد هضبة البحيرات ، وهي على الرغم من كونها أكثر مطرا من الصومال فإن مطرها يقل بنحو ٥٠ سم عن مطر حوض الكنفو حيث يبلغ معدله حوالي ١٠٠ سم . وسبب ذلك هو أن ارتفاعها يؤدي إلى انخفاض درجة حرارتها وضعف تياراتها الصاعدة بالنسبة لهما في حوض الكنفو .

وإذا انتقلنا إلى أمريكا الجنوبية نستطيع أن نميز في المنطقة الاستوائية أربعة أقسام :

١ - الساحل الممتد من جنوب مصب الأمازون نحو الشمال حتى مصب الأورينوكو ، وهنا تهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية عمودية على الساحل طول السنة تقريبا ، مما يؤدي إلى غزارة الأمطار ، التي يتراوح معدلها السنوي ما بين ٢٠٠ و ٢٥٠ سم

٢ - منحدرات جبال الإنديز المشرقة على حوض الأمازون من ناحية الغرب ، ويزيد معدل أمطارها على ٢٥٠ سنتيمترا ، لأن الرياح التجارية التي

تهب من الشرق تسقط كل أمطارها عندما تصادفها

٣ — سهول الأمزون بين القسمين السابقين ، ومعدل أمطارها أقل نسيا منها ويتراوح معدلها السنوى بين ١٥٠ و ٢٠٠ سم .

٤ — الهضاب المحصورة بين سلاسل الإنديز ، وهذه رغم أن ارتفاعها يصل إلى ٢٨٠٠ متر أو أكثر في بعض المواضع فإن أمطارها قليلة نسيا ، لأن الجبال التى تحيط بها من جميع الجهات تحول دون وصول الرياح الممطرة إليها ، سواء من الشرق أو من الغرب ، ويتراوح المعدل السنوى هنا ما بين ١٠٠ و ١٢٥ سنتيمترا .

وتعتبر جزر إندونيسيا من أهم الأقاليم التى يضمها هذا النطاق ، ولكن نظرا لوقوعها بين آسيا فى الشمال وأستراليا فى الجنوب ، فإنها تتأثر بالرياح الموسمية الصيفية والشتوية على حد سواء ، وتكون كل منهما سببا فى سقوط أمطار غزيرة لأنها تمر على مساحات واسعة من المياه الدافئة ، ويزيد معدل مايسقط من الأمطار فى هذه الجزر بصفة عامة على ٢٥٠ سنتيمترا فى السنة ، إلا أن الفصل الذى تبلغ فيه قمتها يختلف باختلاف الموقع بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة ، ففي جاكرتا (بتافيا) مثلا وهى على الساحل الشمالى لجزيرة جاوة تبلغ الأمطار قمتها فى يناير وفبراير عندما يشتد هبوب الرياح الموسمية الشمالية الغربية ، أما على الساحل الجنوبى للجزيرة فتبلغ الأمطار قمتها فى يونيو ويوليو ، عندما يشتد هبوب الرياح التجارية الشرقية .

ثانيا — نطاق الرياح التجارية :

نظرا لأن الأقاليم التى تنتقل إليها الرياح التجارية تكون على وجه الإجمال أشد حرارة من الأقاليم التى تهب منها فإنها تبرد منخفضة الرطوبة نسيا ، على الرغم من أنها تكون أحيانا محملة بكميات عظيمة من بخار الماء ، ومع ذلك فإنها إذا صادفت أرضا جبلية مرتفعة فإن هذا البخار يتكثف ويسقط على شكل مطر يكون شديد الغزارة فى كثير من الأحيان ، ويظهر ذلك حتى فى المناطق

الصحراوية التي توجد بها سلاسل جبلية أو هضاب مرتفعة تعترض طريق الرياح ، فقد تسقط في هذه الحالة كمية من المطر تكفى لتكوين مجار نهريّة صغيرة أو كبيرة على حسب الكمية الساقطة ، ومثال ذلك المجارى التي توجد حول مرتفعات تيسبتي في الصحراء الكبرى ، حيث أن الرياح التجارية تسقط على هذه الجبال بعض الأمطار التي كانت سببا في قيام بعض الواحات حولها .

وعند دراسة الأمطار في نطاق الرياح التجارية (باستثناء الأقاليم التي لها نظام موسمي) يجب أن نميز بين السواحل الشرقية والسواحل الغربية للقارات ، ثم بين كل من هذه السواحل والمناطق التي تقع في الداخل بعيدا عن البحر ، فالسواحل الشرقية تكون غالبا أكثر مطرا من السواحل الغربية أو المناطق الداخلية ، وذلك لأن الرياح التجارية تهب عليها بعد مرورها على مساحات واسعة من المياه الدافئة ، ولذلك فإنها تكون سببا في سقوط أمطار غزيرة طول السنة تقريبا ، ولكنها تزداد بصفة خاصة في فصل الصيف لأن اليابس يكون في هذا الفصل مركزا لضغط منخفض تندفع نحوه الرياح التجارية بقوة ، وتكون لها صفات الرياح الموسمية ، أما في فصل الشتاء فيحدث العكس حيث تكون على اليابس مناطق من الضغط المرتفع فلا تستطيع الرياح التجارية أن تتوغل في داخله ، وتكون غالبا أقل أمطارا منها في فصل الصيف ، وكلما اتجهنا نحو الغرب أخذت كمية الأمطار في التناقص حتى نصل في النهاية إلى مناطق صحراوية جافة ، وهذا هو السبب في أن أغلب الصحارى للدارية في العالم تقع في غرب القارات ومن أشهرها الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا وامتدادها في غرب آسيا ، وصحراء كلهارى ونامبيا في جنوب غرب إفريقيا ، وصحراء أتكاما في شيلي ، وصحارى وسط استراليا وغربها .

ففى جنوب افريقية مثلا نلاحظ أن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية تهب طول السنة على سواحلها الشرقية الممتدة إلى الجنوب من خط الاستواء حتى شمال نلتال-تقرينا ، ونظرا لأن هذه الرياح تمر قبل وصولها إلى الساحل على مساحات واسعة من الماء وبالأخص على مياه تيار موزمبيق الحار فإنها تكون

محملة بكميات كبيرة من بخار الماء ، وتكون سببا في سقوط أمطار غزيرة على الساحل الشرقى. وعلى المنحدرات المواجهة له من الهضبة ، أما الساحل الغربى والأراضى المتاخمة له فانها تكون واقعة فى منطقة ظل المطر ، ولهذا السبب ظهرت صحراء كلهارى وناميبيا فى غرب القارة ، أما الأمطار التى تسقط إلى الشمال من هذه الصحارى فكلها نغريا من نوع أمطار التصعيد التى تكثر فى النطاق الاستوائى .

وبلاحظ أن الرياح التجارية لاتسقط أمطارا تذكر على المحيطات إلا إذا صادفت جزرا سطحها جبلى ، ومن الطبيعى أن تكون الأمطار على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح أغزر بكثير منها على المنحدرات الأخرى ، فجزيرة جاميكا مثلا تخترقها سلسلة جبلية تمتد من الشرق إلى الغرب ، ويصل ارتفاعها إلى أكثر من ٢٠٠٠ متر ، ولهذا فيينا يبلغ المعدل السنوى للمطر فى بورت انتونيو «Port Antonio» الواقعة على الساحل الشمالى المواجه لهبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية ٣٥٠ سنتيمتراً فانه يبلغ ١٠٠ سنتيمتر فى كنجستون «Kingston» على الساحل الجنوبى .

أما الجزر السهلية فتكون عادة أقل مطرا من الجزر ذات السطح الجبلى ، ففي جزر بهاما مثلا لايزيد معدل المطر السنوى عن ١٢٥ سنتيمترا ، وقد ينخفض أحيانا إلى أقل من ٧٥ سنتيمترا ، وهذه حقيقة لها أهميتها لأن الجزر السهلية ، على الرغم من أنها من أصلح الجزر للزراعة ، إلا أن قلة أمطارها تعتبر أحيانا من المشكلات التى تعترض زراعة كثير من الغلات .

ثالثا - نطاق الرياح الموسمية (المدارية) :

سبق أن ميزنا فى فصل سابق بين الرياح الموسمية الصيفية والرياح الموسمية الشتوية ، وذكرنا أن الأولى دافئة رطبة أما الثانية فباردة جافة ، ولذلك فان الأمطار الموسمية تسقط فى جملتها فى فصل الصيف ، ففي بمباى مثلا نجد أن معدل مايسقط من المطر فى الأربعة أشهر التى أولها يونيو وآخرها سبتمبر هو ١٧٢ سنتيمترا وذلك من المعدل السنوى وقدره ١٨٣ سنتيمترا

وقد يختلف نظام الرياح الموسمية وتوزيعها اختلافا كبيرا من منطقة إلى أخرى على حسب الظروف المحلية الخاصة بالموقع ونظام التضاريس ، ففي جزيرة سيلان مثلا لا يقتصر سقوط الأمطار على فصل الصيف عند هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، إذ أنها تسقط كذلك في فصل الشتاء ، لأن الرياح الموسمية التي تهب على الجزيرة في هذا الفصل من الشمال الشرقي تمر قبل وصولها إليها على خليج بنغال ، فتحمل مقادير كبيرة نسبيا من بخار الماء ، وتكون سببا في سقوط بعض الأمطار على الأجزاء الشرقية منها ، خصوصا على منحدرات الجبال التي تواجهها مباشرة ، ومثل هذا يقال أيضا على جزر اليابان ، وساحل أنام في الهند الصينية ، وجزر الفلبين ، وجزيرة فورمورا ، إذ أن الرياح الموسمية الشتوية الخارجة من القارة لاتصل إلى هذه المناطق إلا بعد مرورها على بحر اليابان أو بحر الصين ، ولهذا فإن الأمطار في كل هذه المناطق تسقط طول العام تقريبا ، ولكنها تكون غزيرة بصفة خاصة على السواحل والمنحدرات الغربية في فصل الشتاء ، وعلى السواحل والمنحدرات الشرقية في فصل الصيف تبعا لاختلاف اتجاه الرياح ، ويلاحظ كذلك أن بعض الأقاليم الموسمية تتعرض في فصل الشتاء لمرور كثير من المنخفضات الجوية التي يترتب عليها سقوط الأمطار في هذا الفصل ، وتعتبر الصين من أحسن الأمثلة لهذا النوع من الأقاليم .

وتتميز الأقاليم الموسمية عموما بأنها من أكثر أقاليم العالم تعرضا لحدوث تغيرات واضحة في كمية الأمطار ، بل وفي طول الفصل الممطر من سنة إلى أخرى ، فقد يحدث أن تؤدي قلة الأمطار في بعض السنين إلى هبوط شديد في المحصولات الزراعية ، فيسود الجذب والقحط كما يحدث كثيرا في الهند والصين ، وفي سنين أخرى تشتد غزارة الأمطار بدرجة يترتب عليها حدوث فيضانات غاية في الخطورة كما حدث مثلا في الصين في سنة ١٩٣١ ، عندما فاض نهر اليانجستي وغرق بسببه ملايين من المساكن ومئات الألوف من السكان ، وانتشرت بسببه المجاعات وتفشت الأوبئة وتشتت بنجلاديش بالذات بكثرة تعرضها لمثل هذه الفيضانات الخطيرة ، وأقرها إلى

الدهر هو بضان أغسطس سنة ١٩٧٤ الذى قتل بسبه أكثر من ألفى شخص .

ويدخل فى هذا النطاق الموسمى كذلك القسم الجنوبى الشرقى من الولايات المتحدة ، وتسقط الأمطار هنا طول السنة ، فهى تسقط فى فصل الصيف نتيجة للرياح الموسمية ، وتبلغ قممتها فى شهرى يوليو وأغسطس أما فى فصل الشتاء فانها تسقط بسبب المنخفضات الجوية ، وتعتبر الأعاصير المدارية كذلك ، وهى تشتهر فى الولايات المتحدة باسم الهاريكين «Hurricane» ، من العوامل التى تساعد على كثرة الأمطار فى أواخر فصل الصيف ، وهو الموسم الذى تكثر فيه هذه الأعاصير .

رابعا - نطاق الرياح الغربية :

تختلف الرياح الغربية عن الرياح التجارية فى أنها تنتقل إلى مناطق أقل حرارة من المناطق التى تأتى منها ، ولذلك فإن الرطوبة النسبية بها تبدو مرتفعة بصفة عامة ، ويشتهر نطاق الرياح الغربية بكثرة حدوث المنخفضات الجوية ، التى تكون نتيجة لالتقاء الكتل الهوائية الحارة التى تأتى من ناحية المدارين بالكتل الهوائية الباردة التى تأتى من ناحية القطبين : وقد ترتب على عظم اتساع اليابس فى نصف الكرة الشمالى فى هذا النطاق أن ظهرت فوارق كبيرة بين المناطق الواقعة فى شرق القارات والمناطق الواقعة فى غربها ، ثم بين كل من هذه المناطق والأجزاء الداخلية الواقعة فى قلب اليابس ، أما المناطق الواقعة فى شرق القارات فيدخل معظمها فى النطاق الموسمى الذى سبق الكلام عليه ، ولن نحاول التعرض لها هنا مرة أخرى .

١ - غرب القارات المعتدل الدافئ (البحر المتوسط) :

يضم هذا الإقليم جميع الأراضى المحيطة بالبحر المتوسط فى العالم القديم ، وكذلك بعض الجهات التى تشابهها فى القارات الأخرى ، ومن أهمها كاليفورنيا ووسط شيلى وجنوب غرب ولاية الكاب بإفريقية . ثم الركن

الجنوبى الغربى لآستراليا ، وتسقط أمطار هذا الأقليم فى فصل الشتاء ، سبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاقها ، أما فى فصل الصيف فإن هذا الأقليم يدخل فى نطاق الرياح التجارية بسبب ترحل مناطق الضغط والرياح العامة نحو الشمال . ونظرا لأن هذه الرياح تمر على مساحات واسعة من اليابس قبل وصولها إلى السواحل الغربية فإنها تكون غالبا عديمة الأمطار .

ويلعب الموقع ونظام التضاريس دورا مهما فى توزيع الأمطار على الأجزاء المختلفة من حوض البحر المتوسط ، فهى تكثر بصفة خاصة على المنحدرات الغربية للجبال ، كما هى الحال على منحدرات جبال الألب الدينارية المطلة على البحر الإدرىاتى ، حيث يزيد المعدل السنوى للأمطار على ٢٥٠ سنتيمترا . وتزداد أمطار حوض البحر المتوسط كما يزداد طول الفصل المطير بصفة عامة كلما اتجهنا غربا ، وهذا أمر طبيعى لأن الرياح الممطرة والمنخفضات الجوية تأتى عادة من ناحية الغرب . فبينما يبلغ المعدل السنوى للأمطار فى جبل طارق حوالى ٩٠ سنتيمترا نجد أنه حوالى ٤٠ سنتيمترا فقط فى أثينا ، وتقل الأمطار كذلك كلما اتجهنا نحو خط الاستواء لأننا تقترب فى هذه الحالة من الصحارى المدارية الحارة ، فبينما يبلغ المعدل السنوى فى روما حوالى ٨٣ سنتيمترا ، نجد أنه فى الإسكندرية ٢٠ سنتيمترا فقط .

٢ — غرب القارات المعتدل البارد (غرب أوروبا) :

تتميز هذه المناطق . عموما بغزارة أمطارها التى تسقط طول السنة ، وأكثر المناطق مطرا هى السواحل التى تمتد على طولها سلاسل جبلية مرتفعة ، كما هى الحال فى شمال غرب أوروبا وفى جهات أخرى كثيرة ، مثل الساحل الغربى للولايات المتحدة إلى الشمال من كاليفورنيا ، وفى جنوب شيلي ، والجزيرة الجنوبية من جزر نيوزيلندا ، وقد يزيد معدل المطر السنوى فى هذه الجهات على ٢٥٠ سنتيمترا . ويتوقف البعد الذى تصل إليه الأمطار داخل اليابس على نظام التضاريس ، ففى أوروبا مثلا لا يوجد نطاق جبلى متصل على طول الساحل فيما بين شمال أسبانيا وجنوب النرويج ، ولذلك فإن الرياح والأعاصير

تستطيع التوغل في القارة إلى مسافات بعيدة نحو الشرق ، ويختلف الحال عن ذلك في الأمريكتين ، حيث تمتد سلاسل جبال روكي وجبال الإنديز المرتفعة على طول السواحل الغربية للقارتين ، ولهذا فإن الأمطار التي تحملها الرياح أو المنخفضات الجوية من ناحية الغرب لا تستطيع أن تتوغل في اليابس إلا إلى مسافات قصيرة جدا ، فخط المطر السنوي ٥٠ سنتيمترا مثلا يقع على بعد ٣٠٠ كيلومتر فقط من الساحل ، في حين أنه يمتد في أوروبا حتى يصل إلى موسكو وكييف وبوخارست في الداخل ، أي إلى مسافة تزيد على ١٦٠٠ كيلومتر من المحيط الأطلسي .

ويسقط على هذه السواحل نوعان من الأمطار ، الأول هو أمطار التضاريس التي تسقط طول العام على منحدرات الجبال بسبب الرياح الغربية التي تكون محملة ببخار الماء بسبب مرورها فوق مياه التيارات البحرية الدافئة ، التي من أشهرها تيار الخليج في المحيط الأطلسي الشمالي وتيار كوروسيفو في المحيط الهادي الشمالي ، والثاني هو الأمطار الإعصارية ، التي تسقط بسبب المنخفضات الجوية التي تكثر بصفة خاصة في فصلي الشتاء والخريف ، وهذا هو السبب في زيادة الأمطار في هذين الفصلين عنها في الفصلين الآخرين من السنة .

٣ - الأقاليم القارية المعتدلة داخل اليابس :

كلما ابتعدنا عن السواحل الغربية نحو الشرق يأخذ النظام القاري في الظهور ، وفيه تسقط معظم الأمطار أو كلها في نصف السنة الصيفي ، ويكون الانتقال من النظام البحري على السواحل الغربية إلى النظام القاري سريعا أو تدريجيا على حسب التضاريس السائدة ، ففي إنجلترا مثلا ، رغم صغرها ، نلاحظ أن النظام القاري يظهر في سهولها الجنوبية الشرقية ، لأن معظم الأمطار التي تأتي من ناحية الغرب تسقط على مرتفعات ويلز . وكذلك على القارة الأوروبية نفسها تأخذ كمية الأمطار كما يأخذ طول الفصل المطر في التناقص كلما اتجهنا شرقا ، حتى نصل إلى مناطق لا تسقط فيها إلا كميات

قليلة من الأمطار في فصل الصيف ، كما هي الحال في شرق أوروبا وغرب آسيا إلى الشمال والشرق من البحر الأسود ، وأخيرا نصل إلى الأقاليم الصحراوية التي تشغل مساحات واسعة في وسط آسيا .

وتختلف أمطار المناطق القارية عن أمطار السواحل الغربية في أنها تسقط غالبا في نصف السنة الصيفي ، أما فصل الشتاء فيكون قليل الأمطار أو جافا تماما ، والسبب في ذلك هو أن اليابس يكون في فصل الشتاء مركزا لضغط مرتفع مما يحول دون توغل الرياح الغربية والمنخفضات الجوية كثيرا نحو الشرق ، أما في فصل الصيف فيكون الضغط منخفضا على اليابس ولهذا فإن الرياح والمنخفضات الجوية تستطيع التوغل لمسافات بعيدة نحو الشرق .

وثمة فرق آخر بين أمطار السواحل الغربية وأمطار المناطق القارية ، هو أن الأولى كلها تقريبا من نوع أمطار التضاريس وأمطار الجبهات . أما الثانية فإن نسبة كبيرة منها تكون من نوع أمطار التيارات الصاعدة ، وذلك لأن هذه التيارات تنشط في فصل الصيف بسبب اشتداد حرارة سطح الأرض والهواء الملاصق له .

ويظهر النظام القاري للأمطار في معظم سهول أوروبا الوسطى والشرقية والسهول الوسطى لكندا والولايات المتحدة بسبب ضيق اليابس ، ومن أمثلة ذلك سهول استراليا الوسطى وهضبة بتاجونيا في أمريكا الجنوبية وبعض الأجزاء الداخلية من جنوب هضبة إفريقية الجنوبية .

٤ - الأقاليم المعتدلة في شرق القارات :

تعتبر هذه الأقاليم من أكثر أقاليم العالم مطرا بسبب موقعها المشرف على المحيطات الكبرى ومرور تيارات مائية دافئة بجوار شواطئ معظمها . وهي تقع في نفس العروض التي تقع فيها أقاليم البحر المتوسط وغرب أوروبا . ولكن بينما تسقط أمطار البحر المتوسط وغرب أوروبا بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التي تظهر في نطاقها ، فإن الأمطار الصيفية تسقط في الأقاليم الشرقية

بسبب الرياح الموسمية في شرق آسيا وشرق الولايات المتحدة وبسبب الرياح التجارية في الأرجنتين والطرف الجنوبي الشرق لإفريقيا والطرف الجنوبي الشرق لأستراليا ، أما الأمطار الشتوية فيسقط أغلبها في هذه الأقاليم بسبب المنخفضات الجوية التي تتقدم نحوها من الغرب .

والى جانب ذلك تسقط على بعض السواحل والجزر مثل جزر اليابان بعض الأمطار الشتوية بسبب الرياح الموسمية الشتوية التي تصلها بعد مرورها على مسطحات مائية .

وعلى الرغم من أن هذه الأقاليم تشترك في أن أمطارها تسقط طول السنة ، إلا أن لكل منها ظروفه المحلية الخاصة التي تتدخل في كمية المطر وتوزيعه على الأشهر . وتعتبر اليابان من أكثر هذه الأقاليم مطرا في الصيف والشتاء بسبب امتدادها بين الشمال والجنوب وسطحها الجبلي ووجود بحر اليابان في غربها ومرور تيار اليابان بسواحلها ، ولهذا فإن معدل المطر السنوي يزيد في معظم أجزائها عن ١٥٠ سم (ناجاساكي ١٩٦ سم) .

وفصل الصيف هو أكثر الفصول مطرا أما أقلها فهو فصل الشتاء . أما في المناطق الأخرى في شمال الصين وكوريا ومنشوريا ، فالأمطار أقل منها في اليابان كما أن الفرق بين أمطار الصيف وأمطار الشتاء أكبر منه في اليابان ، وينطبق نفس الشيء تقريبا على شرق الولايات المتحدة .

وبلاحظ عموما أن الأقاليم المعتدلة الموسمية في شرق آسيا وشرق الولايات المتحدة أكثر أمطارا من الأقاليم المعتدلة الأخرى في جنوب شرق أمريكا الجنوبية وإفريقيا وأستراليا ، وهي الأقاليم التي يسقط مطرها الصيفي بسبب الرياح التجارية ، لأن اندفاع هذه الرياح نحو اليابس لا يكون قويا بسبب ضيق هذا اليابس وعدم اشتداد عمق الضغط المنخفض عليه بالنسبة للضغط المرتفع على المحيطات بخلاف الحال في الأقاليم الموسمية في القارات الشمالية . ويبلغ معدل المطر السنوي في بونيس أيريس (الأرجنتين) ١٠٣ سم وفي بورت اليزايت (جنوب إفريقيا) ٩٥ سم وفي سيدني ٥٦ سم .

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية

- ١٠ - ١ - الغرض من التقسيم والأسس التي يبنى عليها.
- ١٠ - ٢ - عرض لبعض التقسيمات المناخية العامة .
- ١٠ - ٢ - ١ - تقسيم كوبن .
- ١٠ - ٢ - ٢ - تقسيم أوستن ملر .
- ١٠ - ٢ - ٣ - خلاصة التقسيمات المناخية العامة .

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية

الغرض من التقسيم والأسس التى يبنى عليها :

يتوقف المناخ السائد فى أى مكان على عوامل مختلفة يؤثر كل منها فيه بشكل خاص ، ولكنها جميعا تعمل فى وقت واحد بحيث يصعب فى كثير من الأحيان أن نفصل بين الآثار التى تنتج عن أى عامل منها والآثار التى تنتج عن غيره من العوامل ، وقد سبق أن تكلمنا فى فصول سابقة على العوامل التى تتحكم فى عناصر المناخ المختلفة ، ويمكننا أن نلخص أهم هذه العوامل فيما يلى :

١ — موقع المكان بالنسبة لخطوط العرض ، فهذا الموقع هو الذى يحدد بصفة عامة مقدار ما يستفيدة المكان من أشعة الشمس فى الشهور المختلفة ، لأنه هو الذى يحدد طول الليل وطول النهار من جهة ، وزاوية الميل التى تسقط بها الأشعة على سطح الأرض من جهة أخرى .

٢ — توزيع الماء واليابس ، فمن الثابت أن اليابس يسخن ويبرد أسرع من الماء ، وهذا الاختلاف هو أحد العوامل الرئيسية التى يتوقف عليها توزيع الضغط الجوى والرياح ، بل وتوزيع الأمطار فوق سطح الكرة الأرضية فى الفصول المختلفة .

٣ — تضاريس اليابس نفسه ، فإن امتداد سلاسل الجبال مثلا على طول الساحل يعتبر حائلا قويا دون توغل المؤثرات البحرية فى اليابس ، كما أن مقدار ارتفاع المكان عن سطح البحر ، واتجاه منحدرات الجبال بالنسبة لأشعة الشمس ، واتجاه الرياح ، لها جميعا آثارها المعروفة على توزيع عناصر المناخ المختلفة .

٤ - توزيع الضغط الجوى ومايطرأ عليه من تغير من وقت إلى آخر .

والعوامل السابقة هى العوامل الرئيسية التى يجب بحثها عند دراسة مناخ أى إقليم ، وتوجد إلى جانبها عوامل أخرى أقل منها أهمية ، لأنها وإن كانت تؤثر فى المناخ إلا أنها تعتبر فى نفس الوقت أثرا من آثاره ، كما هى الحال بالنسبة للحياة النباتية والغطاءات الجليدية التى تغطى الأرض فى كثير من المناطق .

وهذه العوامل مجتمعة هى التى تجعل لكل مكان فوق سطح الأرض صفات مناخية خاصة ، يختلف بها كثيرا أو قليلا عن غيره من الأماكن ، ويندر أن يوجد مكانان متشابهان فى ظروفهما المناخية تمام التشابه من جميع الوجوه ، فإن لم يكن هناك فرق فى الأمطار فقد يوجد فرق فى درجة الحرارة ، وإن لم يكن هناك فرق فى المعدلين السنويين لهذين العنصرين فقد يكون هناك فرق واضح فى توزيعهما على أشهر وفصول السنة . فضلا عن ذلك فقد يكون المكانان مختلفين فى درجة الرطوبة، أو مقدار الإشعاع الشمسى أو فى اتجاه الرياح وسرعتها أو فى توزيع أى عنصر من هذه العناصر المناخية على الأشهر والفصول وهكذا . ولما كان من المستحيل فى الدراسات المناخية العامة أن تدرس ظروف كل مكان على حدة دراسة تفصيلية فقد كان لابد من إيجاد تقسيم عام للعالم توضع فيه المناطق التى تشابه فى ظروفها المناخية بصفة عامة تحت قسم أو نوع مناخى واحد ، وذلك بصرف النظر عن الفوارق البسيطة التى قد تميز بعض هذه المناطق عن البعض الآخر ، وبهذه الطريقة يمكن تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية يتميز كل إقليم منها بمظاهر معينة ، ويضم جميع الأماكن التى توجد فيها هذه المظاهر . ومعرفة المظاهر المناخية لأى مكان تتطلب دراسة جميع عناصر المناخ بدون استثناء ، ولكننا إذا حاولنا أن نقسم العالم إلى أقاليم تشابه فيها جميع العناصر فإننا سنصل إلى عدد لانهاى من الأقسام ، ولهذا فقد أصبح من الضرورى اختيار العناصر الرئيسية فقط واعتبارها أساسا لتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية كبرى ، أما فى الدراسات التى تحتاج إلى شئ من التفصيل فيمكن تقسيم هذه الأقاليم الكبرى إلى أقاليم أصغر منها ، وهذه بدورها إلى أقاليم أصغر وهكذا .

وهناك شبه إجماع بين علماء المناخ على أن أى تقسيم مناخى يجب أن يعتمد قبل كل شىء على العنصرين الرئيسيين من عناصر المناخ وهما درجة الحرارة والأمطار وتوزيعهما على شهور السنة ، وذلك لأن هذين العنصرين هما اللذان يتحكمان بصحة عامة في توزيع الحياة النباتية والحيوانية فوق سطح الأرض ، كما يتدخلان بطريق مباشر أو غير مباشر في تشكيل مظاهر هذا السطح .

وفضلا عن ذلك فإن جميع العناصر المناخية الأخرى تتأثر في نظامها وتوزيعها متأثرا واضحا بدرجة الحرارة ، فدرجة الحرارة مثلا هي التي تتحكم عموما في توزيع مناطق الضغط الجوى ، وهذه المناطق هي التي يترتب عليها توزيع الرياح ونظام هبوبها ، كما أن الحرارة أيضا هي التي تساعد على تبخر مياه البحار وغيرها من المسطحات المائية أو من سطح التربة ، ولها بالتالى تأثير مباشر على الأمطار وغيرها من مظاهر التكثف .

ومن الممكن عند تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية أن ندخل في اعتبارنا أيضا العوامل الأساسية التى لها دخل في وجود أى نوع من أنواع المناخ ، فبينما يمكننا أن نجتمع المناطق الصحراوية مثلا تحت نوع مناخى واحد تتشابه جميع المناطق التابعة له في قلة أمطارها وارتفاع مدى التغير الحرارى فيها ، فإننا نستطيع كذلك أن نقسم هذا النوع من المناخ إلى أقسام أصغر على حسب العوامل التى كانت سببا في وجود هذا المناخ في المناطق المختلفة سواء أكانت هذه العوامل متعلقة بعناصر المناخ مثل نوع الرياح واتجاهها أو متعلقة بتضاريس سطح الأرض أو غير ذلك من العوامل .

وكذلك من الممكن أن نقسم النطاقات الحارة الكبيرة إلى أقاليم صغيرة نسبيا على أساس العوامل التى تؤدي إلى سقوط الأمطار في كل منها ، فمِنْ هذه الأقاليم ماتسقط أمطاره بسبب التيارات الصاعدة ومنها ماتسقط أمطاره بسبب الرياح الموسمية أو بسبب الرياح التجارية .

وعلى الرغم من أن إدخال مثل هذه العوامل في تقسيم الأقاليم المناخية

الكبرى إلى أقسام أخرى أصغر منها سيؤدي حتما إلى زيادة التعقيد في التقسيم فمن الواجب الاستفادة بها بقدر الإمكان لأنها تساعد من غير شك على زيادة الدقة في تحديد الأنواع المناخية المتقاربة .

الدلائل الحيوية للمناخ :

ونظرا لأن المناخ يعتبر عاملا من أهم العوامل التي لها دخل مباشر في توزيع كثير من مظاهر الحياة على سطح الأرض ، فمن الممكن أن تتخذ بعض هذه المظاهر كأدلة يمكننا أن نسترشد بها في تحديد نوع المناخ السائد في أى منطقة من المناطق ، خصوصا إذا لم تكن لدينا إحصاءات مناخية وافية عن هذه المنطقة . ومن أهم النباتات الطبيعية التي يمكننا أن نستفيد بها في هذه الناحية تلك النباتات التي لا يمكنها أن تنمو إلا في المناطق التي يسمح مناخها بنموها ، ومنها معظم الحشائش التي تتكون منها مناطق السفانا الحارة ، وحشائش الاستبس المعتدلة ، وكذلك فصائل الأشجار التي تنمو طبيعيا في مناطق الغابات التي توجد في الأقاليم المناخية المختلفة . ولئن كان نوع التربة له كذلك دخل في توزيع كثير من هذه النباتات فمن الثابت أن التربة نفسها ليست إلا أثرا من آثار العوامل المناخية .

أما المظاهر الحيوية الأخرى بما في ذلك الإنسان وغيره من الحيوانات وكثير من المحاصيل الزراعية ، فعلى الرغم من أنها تتأثر كذلك تأثرا مباشرا بالمناخ فإن توزيعها مرتبط كذلك بمجموعة أخرى من العوامل التي تتعلق بعضها بطبيعة هذه الكائنات ومقدرتها على التحايل على ظروف المناخ وبعضها الآخر متعلق بما يبذله الإنسان من مجهودات لنقل بعض النباتات أو الحيوانات من بيئتها الأصلية وتوطينها في بيئات أخرى جديدة ، ويكفى أن نذكر أن الإنسان نفسه قد استطاع أن يعمر كل أنواع الأقاليم المناخية الموجودة على سطح الأرض ابتداء من خط الاستواء حتى قرب القطب ، كما انه استطاع أن ينقل بعض محاصيل الأقاليم الدافئة إلى الأقاليم الباردة أو العكس ، وأن ينقل كذلك بعض الحيوانات من بيئاتها الأصلية إلى بيئات أخرى جديدة .

ويجب أن نشير على أى حال إلى أن حدود الأقاليم الساحية أو حدود الأقاليم الباتية التى ترسم على الخريطة لا يمكن أن تمثل الحدود الواقعية لهذه الأقاليم لأن مثل هذه الحدود ليس لها وجود فعلى فى الطبيعة ، إذ الواقع أن الانتقال من أى نوع مناخى أو نباتى إلى الأنواع الأخرى المجاورة له يحدث غالبا بشكل تدريجى بحيث تظهر بين كل نوع مناخى والنوع المجاور له منطقة انتقالية يتدرج فيها المناخ وما يتبعه من نباتات طبيعية تتدرجا بطيئا أو سريعا على حسب الظروف السائدة خصوصا ما يتعلق منها بمظاهر السطح . ويكون التدرج بطيئا بصفة خاصة فى الأقاليم السهلية . أما فى المناطق التى توجد بها حواجز جبلية مرتفعة فإن الانتقال يأتى غالبا بشكل فجائى ، وكثيرا ما نجد أن سلاسل الجبال تفصل فى بعض المناطق أنواعا مختلفة عن بعضها تمام الاختلاف . سواء فى مظاهرها المناخية أو فى أنواع الحياة النباتية والحيوانية التى توجد فيها ، ويظهر هذا بوضوح إذا قارنا على سبيل المثال الأنواع المناخية والنباتية الموجودة إلى الغرب من جبال الإنديز أو جبال روكى بالأنواع الموجودة إلى الشرق منها .

١٠ — ٢ — بعض التقسيمات المناخية العامة

حتى أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين كان معظم الجغرافيين يقسمون العالم إلى أقاليم مناخية على أساس النطاقات الحرارية الكبرى التى قسم اليونانيون القدماء إليها سطح الكرة الأرضية ، وهى المنطقة الحارة المحصورة بين المدارين ثم المنطقتان المعتدلتان مابين المدارين والدائرتين القطبيتين ، ثم المنطقتان الباردتان إلى الشمال من الدائرة القطبية الشمالية من جهة وإلى الجنوب من الدائرة القطبية الجنوبية من جهة أخرى .

ورغم أن المناخ لا يتمشى فى كثير من الأحيان مع خطوط العرض نتيجة لتأثير العوامل المختلفة التى سبقت الإشارة إليها فإن بعض الجغرافيين ظلوا يتخذونها أساسا لتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية حتى وقت قريب ، إلا أن هذا التقسيم نعدنه قيمة تذكر فى الوقت الحاضر . . . حلب محله تقسيمات أخرى

تعتمد على توزيع درجة الحرارة وتوزيع الأمطار من جهة أخرى بغض النظر عن خطوط العرض . ونظرا لأنه من الصعب في التقسيمات العامة أن نعتد على درجات الحرارة الفعلية فقد كان لابد أن يكون الاعتماد في هذه التقسيمات على خطوط الحرارة المتساوية وذلك على الرغم من العيوب الكثيرة التي تقلل من قيمتها ، أما التقسيمات المناخية للمناطق ذات المساحة الصغيرة نسبيا فمن المستحسن أن نراعى فيها درجات الحرارة الفعلية ، مع الاهتمام ليس فقط بمعدلاتها الشهرية بل وكذلك بمعدلات النهايات العظمى والنهايات الصغرى فيها .

ومن استعراض التقسيمات المناخية التقليدية والحديثة يمكننا نضعها في ثلاث مجموعات هي :

- أ - التقسيمات التجريبية *Imperial classifications* وهي التي تعتمد على الربط بين المناخ وبين توزيع الأشكال البيئية الرئيسية مثل النبات الطبيعي والتربة ، ومثال ذلك تقسيم كوين والتقسيمات المشتقة منه مثل تقسيم تريوارثا ^(١) Trewartha والمهم في هذه التقسيمات هو أن تتضمن أقساما مناخية متشابهة في ظروفها البيئية المرتبطة بالمناخ دون الاهتمام كثيرا بالعوامل التي تتدخل في تشكيل مناخها نفسه .
- ب - التقسيمات المناخية الأصولية *Genetic classifications* ، وفيها تراعى العوامل التي تتدخل في تشكيل المناخ مثل الموقع الفلكي والموقع الجغرافي ومناطق الضغط الجوي العامة والكتل الهوائية ، ومثال ذلك تقسيم تيرجونج (١٩٧٠) ^(٢) وتقسيم أوليفر (١٩٧٠) ^(٣) .
- ج - التقسيمات البشرية ، وهي تمثل اتجاها حديثا في التقسيمات المناخية ، وفيها يراعى تأثير المناخ على حياة الإنسان ونشاطه ، مثل شعوره

(١) Trewartha, G.A. (1966) An introduction to Climate.

(٢) Terjung, W. H., (1970)- Toward a Climate Classification based upon net Radiation, Proc Ass. of Amer. Geographers

(٣) Oliver, I.E (1970)- " A Genetic Approach to Climate Classifications, Annals, Assoc. of American Geographers

بالضيق أو الراحة أو قدرته على العمل وبذل الجهد . وفي هذا المجال وضعت معايير مختلفة لحساب الحدود التي يبدأ الإنسان عندها يشعر بالراحة أو بالضيق على أساس الربط بين درجة الحرارة ورطوبة الهواء . وهذا النوع من التقسيمات لا يستخدم عادة إلا عند تحليل المناخ في مناطق معينة وليس على نطاق العالم ومثال ذلك تقسيم تيرجونج Terjung لمناخ الولايات المتحدة^(١) .

وليست التقسيمات المناخية التي أشرنا إليها إلا أمثلة قليلة جدا للعديد من التقسيمات التي وضعت لخدمة أغراض متباينة . ويلاحظ أن بعض التقسيمات تصلح أكثر من غيرها لتحليل ظواهر الارتباط المكاني بينما البعض الآخر ذو طبيعة وصفية . وتعتمد أغلب التقسيمات الحديثة على الجمع بين عنصرين مناخيين أو أكثر مثل تقسيم كوبن الذي يجمع بين الحرارة والمطر وتوزيعهما الفصلي، مع إدخال بعض العناصر والحالات المناخية المميزة مثل الضباب والتطرف الحرارى وزيادة الرطوبة .

ومثل تقسيم أوستن ملر A.Austin Miller الذي اقترحه في بريطانيا سنة ١٩٣٦ ، وحاول فيه أن يحدد الأقاليم المناخية على أساس طول فصل النمو ، وذلك على اعتبار أن طول هذا الفصل هو الذى يحدد نوع الحياة النباتية التى يمكن أن تنمو فى أى إقليم من الأقاليم ، وهو تقسيم سهل وبسيط ، ولذلك فإنه يعتبر من أصلح التقاسيم للدراسات الجغرافية العامة^(٢) ، ولهذا فإننا سنحاول عرضه بشيء من التفصيل بعد قليل .

(١) Austin Miller, A (1950) 'Climatology' London.

(٢) Turjung, W. H (1966) 'Physiologic Climates of the Conterminous United States
A Bioclimatic Classification Based On Man- Annals, Association of American
Geographers.'

وفي سنة ١٩٤٨ اقترح باحث أمريكي هو ثورنثوايت Thornthwaite تقسيما مناخيا تجريبيا يمكن الاستفادة به في المجالات التطبيقية وخصوصا المجالات الزراعية^(١) ، وقد أدخل عليه في سنة ١٩٥٥ بعض التعديلات بالاشتراك مع باحث آخر هو ماذر Mather^(٢) . وأهم ما يميز هذا التقسيم هو اهتمامه بحساب التبخر الكلي الأقصى Potential Evapotranspiration والربط بينه وبين رطوبة التربة وموازنتها المائية .

١٠ - ٢ - ١ تقسيم كوبن Koppen^(٣) للأقاليم المناخية :

ظل كوبن طول حياته العلمية تقريبا يحاول الوصول إلى تقسيم مناخى للعالم يمكن أن يجمع فيه بين أكثر من عنصر واحد من عناصر المناخ ، وبعد محاولات كثيرة استطاع أن يصل حوالى سنة ١٩٢٨ إلى تقسيمه الذى يعتبر فى الوقت الحاضر من أشهر التقسيمات العامة المعترف بها بين الجغرافيين فى كثير من بلاد العالم ، خصوصا فى ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية . وقد اشترك مع كوبن فى آخر تقسيم مناخى له باحث المانى آخر هو رودولف جايجر Rudolf Geiger . وأهم الأسس التى اعتمد عليها كوبن فى تقسيمه هى :

أ) العلاقة بين المناخ ونوع الحياة النباتية الطبيعية : وقد اعتمد كوبن فى تحديده لهذه العلاقة على تقسيم نباتى اقترحه أحد رواد علم النبات وهو دى كاننول A. De Candolle فى سنة ١٨٧٤ . وفيه قسمت الحياة النباتية العامة على حسب احتياجاتها المناخية إلى خمسة أنواع كبرى ، وهى :

أ) نباتات الأقاليم الحارة الممطرة Megatherms وتشمل جميع النباتات التى

(١) Thornthwaite, G.W. " An Approach Towards Regional Classification of Climate " Geog. Rev, Vol. 38, 1948, pp. 5-93

(٢) Thornthwaite and Mather, J. R. (1955) " The Water Balance " in Climatology . Laboratory of Climatology, Vol. 7, no. 1

Koppen, W . « Klimakarte der Erde » 1928.

(٣)

تحتاج في نموها إلى درجة حرارة مرتفعة وأمطار غزيرة ومن أهمها تلك الأشجار التي تنمو في الغابات الاستوائية وفي غابات الأقاليم الموسمية الحارة ذات الأمطار الغزيرة .

ب) نباتات الأقاليم الجافة Xerophytes وتشمل النباتات التي يمكنها أن تنمو بأمطار قليلة كما هي الحال في أقاليم الحشائش والمناطق الصحراوية

جـ) نباتات الأقاليم المعتدلة المطيرة Mesotherms وهي تنمو بصفة عامة بين خطي عرض ٢٢° ، ٤٥° في نصف الكرة الشمالي والجنوبي وذلك في المناطق التي تمتاز بوجود فصل غزير الأمطار سيبا ، وتمثلها بصفة خاصة النباتات التي تنمو في مناخ حوض البحر المتوسط .

د) نباتات الأقاليم الباردة الرطبة Mikrotherms وهي التي تستطيع الحياة في المناخ البارد ، ويشترط أن يوجد فصل دافئ تسقط أثناءه كمية مناسبة من الأمطار ، وتمثلها الغابات الصنوبرية والنفضية .

هـ) نباتات قطبية Hekistotherms وهي نباتات عشبية تنمو في الأقاليم القطبية التي لاتصلح بسبب برودتها لنمو أى نوع من أنواع الأشجار .

وعلى أساس الأقسام النباتية السابقة قسم كوبن مناخ سطح اليابس بصفة عامة إلى خمسة أنواع كبرى ورمز لكل منها بحرف معين من حروف الهجاء الكبيرة Capital كما يلي :

A — مناخ مدارى مطير ، وفيه لا يقل المعدل الحرارى لأى شهر عن ١٨° م .

B — مناخ جاف أو شبه جاف ، وليست له حدود حرارية خاصة .

C — مناخ معتدل ممطر ، وفيه لا ينخفض المعدل الحرارى في أى شهر من الشهور عن ٣° م .

D — مناخ بارد رطب ، وفيه تنخفض معدلات معظم الشهور عن درجة التجمد . ويوجد فيه شهر واحد على الأقل يرتفع معدله إلى 10° م .

E — مناخ قطبي ، وفيه تكون معدلات معظم الأشهر تحت درجة التجمد ولا ترتفع حتى في أدفا الشهور إلى 10° م .

ب (التوزيع الفصلي للمطر ، فهذا التوزيع مهم لتحديد القيمة الفعلية للمطر ، وهو بالتالي مهم لمعرفة الميزانية المائية للإقليم ، فالمطر الذي يسقط في فصل الصيف تضيع نسبة كبيرة منه بالتبخر ، وتكون قيمته الفعلية أقل من المطر الذي يسقط شتاء ، وعلى هذا الأساس قسم كوبن كل نوع من الأنواع الكبرى المطرة D.C.A إلى أنواع أصغر على حسب موسم المطر ، ورمز لكل نوع منها بحرف صغير يوضع بجانب الحرف الكبير . والحروف الصغيرة المستخدمة هي :

f — ممطر طول العام .

m — له نظام موسمي أو شبه موسمي .

w — به فصل جاف في الشتاء .

S — به فصل جاف في الصيف .

ج (النظام الفصلي لدرجة الحرارة : ويقصد به شدة حرارة الصيف أو شدة برودة الشتاء ، فهذا النظام هو الذي يحدد مبلغ تطرف المناخ أو مبلغ اعتداله ، ويكون المناخ متطرفا إذا كان المدى الحراري السنوي به كبيرا كما هي الحال في معظم الأقاليم القارية ، وكلما ارتفع هذا المدى كلما ازداد تطرف المناخ . وقد استخدم كوبن حروفا صغيرة ليرمز بها إلى شدة حرارة الصيف وشدة برودة الشتاء وطول مدتهما بالنسبة لباقي السنة كما يأتي :

a — صيف شديد الحرارة ، وفيه يصل المعدل الحراري في شهر واحد على الأقل إلى 22° أو أكثر .

b — صيف دافئ ، وفيه لا يزيد معدل أي شهر عن 22° م . وبه أربعة أشهر على الأقل معدلاتها أعلى من 10° م .

c - صيف مائل للبرودة ، وفيه لا يزيد المعدل في أى شهر عن ٢٢° (مثل النوع السابق) ، ولكن عدد الأشهر التى لا تزيد معدلاتها عن ١٠° لا يزيد عن ثلاثة أشهر

ويلاحظ أن الأنواع الثلاثة السابقة لا تظهر إلا ضمن النوعين الكبيرين C و D .

d - شتاء شديد البرودة ، وفيه ينخفض معدل أبرد الشهور إلى ٣٨° م أو أقل . وهذا النوع لا يوجد إلا ضمن النوع الكبير D .

وهكذا فإن كل نوع مناخى فى تقسيم كوبن يرمز له بثلاثة حروف ، الأول منها كبير ويبين النوع الأكبر والثانى صغير ويبين نظام المطر والثالث صغير أيضا ويبين شدة حرارة الصيف أو شدة برودة الشتاء .

د (شدة الجفاف فى مناطق النوع «B» : وقد قسم كوبن هذا النوع على أساس معدلات المطر ومعدلات الحرارة وما ينتج عنهما من حياة نباتية طبيعية إلى نوعين هما النوع الصحراوى ونوع الاستبس ، ورمز للنوع الأول بالحرفين الكبيرين «BW»^(١) ولنوع الاستبس بالحرفين «BS» . ورأى أن يعين الحد بينهما بالمعادلات الآتية التى يوضحها شكل (٦٨) .

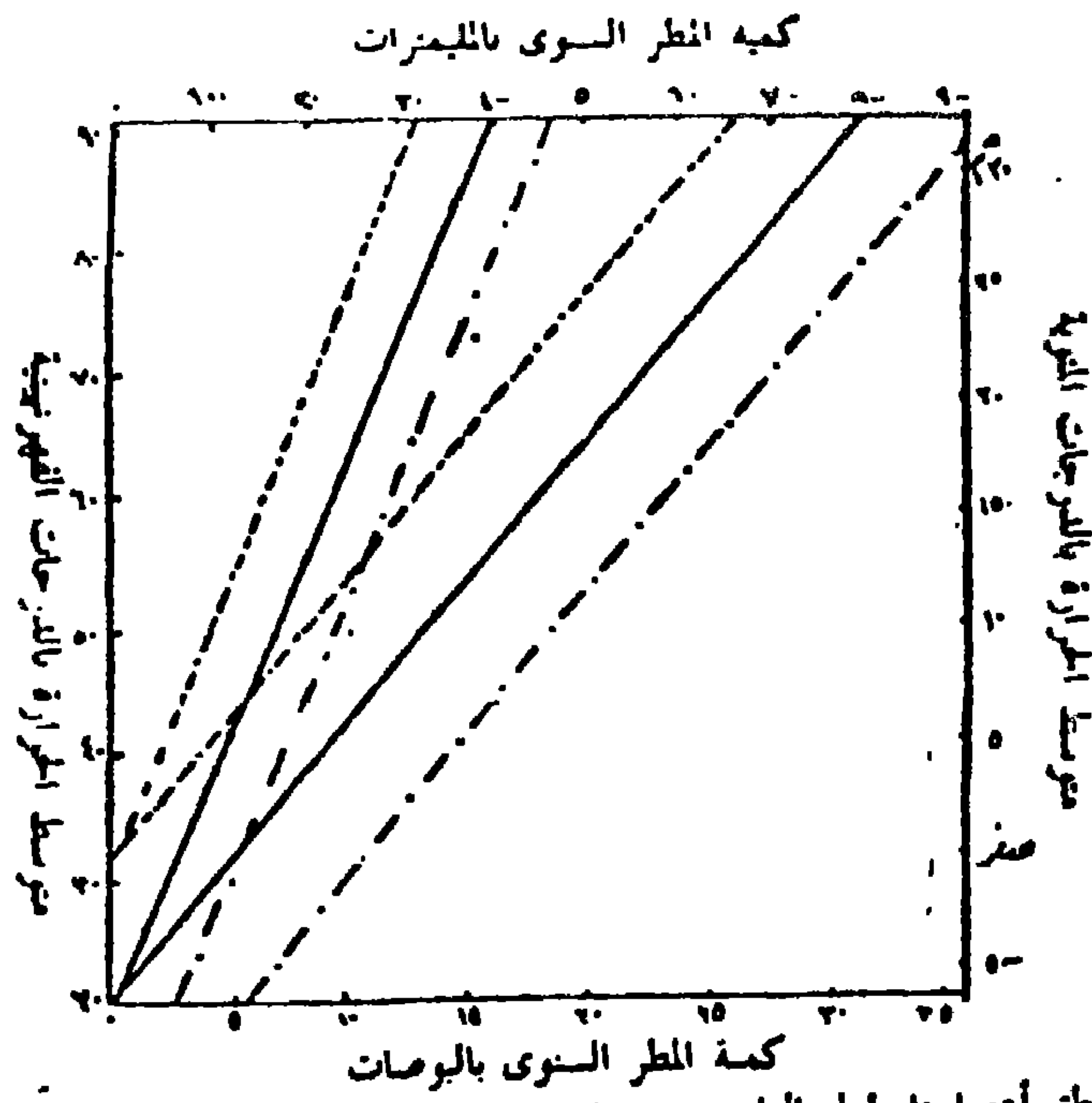
(١) $P = T + 7$ إذا كانت الأمطار موزعة على جميع الأشهر .

(٢) $P = T + 10$ إذا كانت كل الأمطار أو معظمها تسقط صيفا .

(٣) $P = T$ إذا كانت كل الأمطار أو معظمها تسقط شتاء .

مع ملاحظة أن P هى كمية المطر السنوية بالسنتيمترات و T هى المعدل السنوى لدرجة الحرارة بالدرجات المئوية ، فإذا كان الطرف الأول للمعادلة أصغر من الطرف الثانى «P» فإن المناخ يعتبر صحراويا ، أما إذا كان أكبر منه فإنه يعتبر من نوع الاستبس . فإذا استمر تزايد المطر فإن المناخ يتحول تدريجيا إلى النوع الذى يصلح لنمو الغابات . وقد وضع كوبن معادلات أخرى لتمييز مناخ الحشائش عن مناخ الغابات . وسنبين ذلك بشيء من التفصيل فى باب الجغرافيا

(١) أحرف W هو - و الأول من الكلمة الألمانية wust ومعناها صحراء ، أما الحرف S فهو الحرف الأول من كلمة step



— مناطق أعصارها طول العام — مناطق أمطارها صيفيه — مناطق أمطارها شتوية
شكل (٦٨) الحدود التي اقترحها كوبن للأقاليم النباتية الرئيسية

النباتية . ومن الواضح أن تزايد درجة الحرارة يؤدي إلى تزايد التبخر فيؤدي بالتالي إلى تزايد حاجة النباتات إلى المياه . وهذا هو ما توضحه المعادلات السابقة .

هـ — بعض الصفات المناخية الخاصة ، بالإضافة إلى الصفات المناخية التي تدل عليها الرموز التي ذكرناها لاحظ كوبن أن بعض أنواع المناخ لها صفات خاصة بارزة ، ولكن لاتشملها هذه الرموز ، ولذلك فقد استخدم رموزاً أخرى إضافية لتوضيح هذه الصفات ومن أهمها الرموز الآتية :

- h — مناخ جاف شديد الحرارة .
- i — مناخ مداه الحرارى السنوى منخفض .
- k — مناخ جاف مائل للبرودة .
- n' — مناخ غير ممطر ولكنه كثير الضباب .
- n — مناخ غير ممطر ولكن نسبة الرطوبة في هوائه مرتفعة .

ويوجد النوعان الأخيران عادة في مناطق الصحارى الساحلية .

١٠ - ٢ - ١ - عرض موجز للأنواع المناخية التي يشملها
تقسيم كوبن

أولاً - أنواع المناخ «A» :

Af - مداری ممطر طول العام .

Am — مدارى له نظام موسمى وبه فصل قصير جاف نسبيا ولكن أمطار
باق الأشهر كثيرة بدرجة يكثر أو تعوض أى نقص فى مطر الفصل
الحاف

Aw — مدارى به فصل طويل واضح الجفاف فى الشتاء .

ثانياً - أنواع المناخ « B » الجاف وشبه الجاف :

BSh — استبش العروض الدينى (الحارة).

BSk — استبش العروض المتوسط (المعتدلة والباردة)

BW'h - صحارى العروض الدنيا (احاره) .

BWk — صحارى العروض المتوسطة (المعتدلة والبارده)

ثالثا - أنواع المناخ « C » المعتدل :

حار صيفا دافئ صيفا مائل للبرودة صيفا	— ممطر طول العام	{ Cfa Cfb Cfc
--	------------------	---------------------

{ Cwa
 Cwb }

— جاف شتاء

} حار صيفا
 -دافئ صيفا

{ حار صيفا
 دافئ صيفا } — جاف صيفا { Csa
 Csb

رابعاً — أنواع المناخ « D » البارد :

$\left. \begin{array}{l} \text{حار صيفا} \\ \text{دافئ صيفا} \\ \text{مائل للبرودة صيفا} \\ \text{بارد صيفا} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{— ممطر طوال العام} \end{array} \right\}$	Dfa
		Dfb
		Dfc
		Dfd
$\left. \begin{array}{l} \text{حار صيف} \\ \text{دافئ صيفا} \\ \text{مائل للبرودة صيفا} \\ \text{بارد صيفا} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{— جاف شتاء} \end{array} \right\}$	Dwa
		Dwb
		Dwc
		Dwd

خامساً : أنواع المناخ القطبي

— التندرا — وبها فصل نمو قصير لارتفاع معدلاته الحرارية الشهرية عن ١٠° م ، ولا تنخفض عن درجة التجمد .	ET
— غطاء الثلج الدائم Ice Cap — وفيه لا يزيد المعدل الحرارى في أى شهر عن درجة التجمد .	EF
— وهو المناخ القطبي الناتج عن الارتفاع الكبير عن سطح البحر في العروض المتوسطة أو الدنيا	EH

خصائص الأنواع المناخية في تقسيم كوبن وتوزيعها الجغرافي

(انظر الإحصاءات في الملحق (١))

أولا - المناخ «A» (المدارى المطير) :

يغطي هذا المناخ حوالى $\frac{1}{3}$ المساحة الكلية لليابس ، وأهم مميزاته أنه حار طول السنة بحيث لا ينخفض المعدل في أى شهر من الشهور عن 18°C (64°F) ، وبأن أمطاره كثيرة ولكنها تتباير في كميتها وتوزيعها الفصلى ونوعها من منطقة إلى أخرى على حسب ظروف الموقع والتضاريس ، وهو يقسم على أساس المعدلات السنوية للمطر وتوزيعها الفصلى إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - Af — مدارى مطير طول العام .

٢ - Am — مدارى موسمى به فصل قصير قليل المطر أو جاف .

٣ - Aw — مدارى به فصل طويل واضح الجفاف في الشتاء .

١) النوع «Am» (مدارى مطير طول العام) (شكل ٧٠). يتفق هذا النوع عموما مع المناخ الذى يشتهر باسم « المناخ الاستوائى » أو « مناخ الغابات المدارية المطيرة » ، وهو يمتد بشكل نطاق غير متصل بين خطى عرض 10° شمالا وجنوبا على وجه التقريب ، ولكنه قد يمتد في بعض الجهات إلى ما وراء هذين الخطين . وتوجد أكبر مناطقه في إفريقيا حيث تشمل معظم حوض الكونغو وبعض أجزاء من ساحل غانة والساحل الشرقى للقارة والساحل الشرقى لجزيرة مدغشقر ، وفي أمريكا الجنوبية حيث تشمل معظم حوض الأمازون وبعض المناطق الساحلية في شمال غرب القارة وفي أمريكا الوسطى . كما تنتمي إليه بعض جزر إندونيسيا وأجزاء من ماليزيا .

وهو حار طول السنة ولا تنخفض المعدلات الحرارية فيه عن 25°C مئوية في أى شهر من الشهور ، والمدى الحرارى السنوى فيه منخفض ولا يزيد في أغلب المناطق عن درجة واحدة ، أما المدى اليومى فمرتفع نوعا ما ، وقد يصل إلى

١٠ درجات ، ولذلك فإن بعض الكتاب يصفون الليل في هذا المناخ بأنه هو شتاؤه الفعلى .

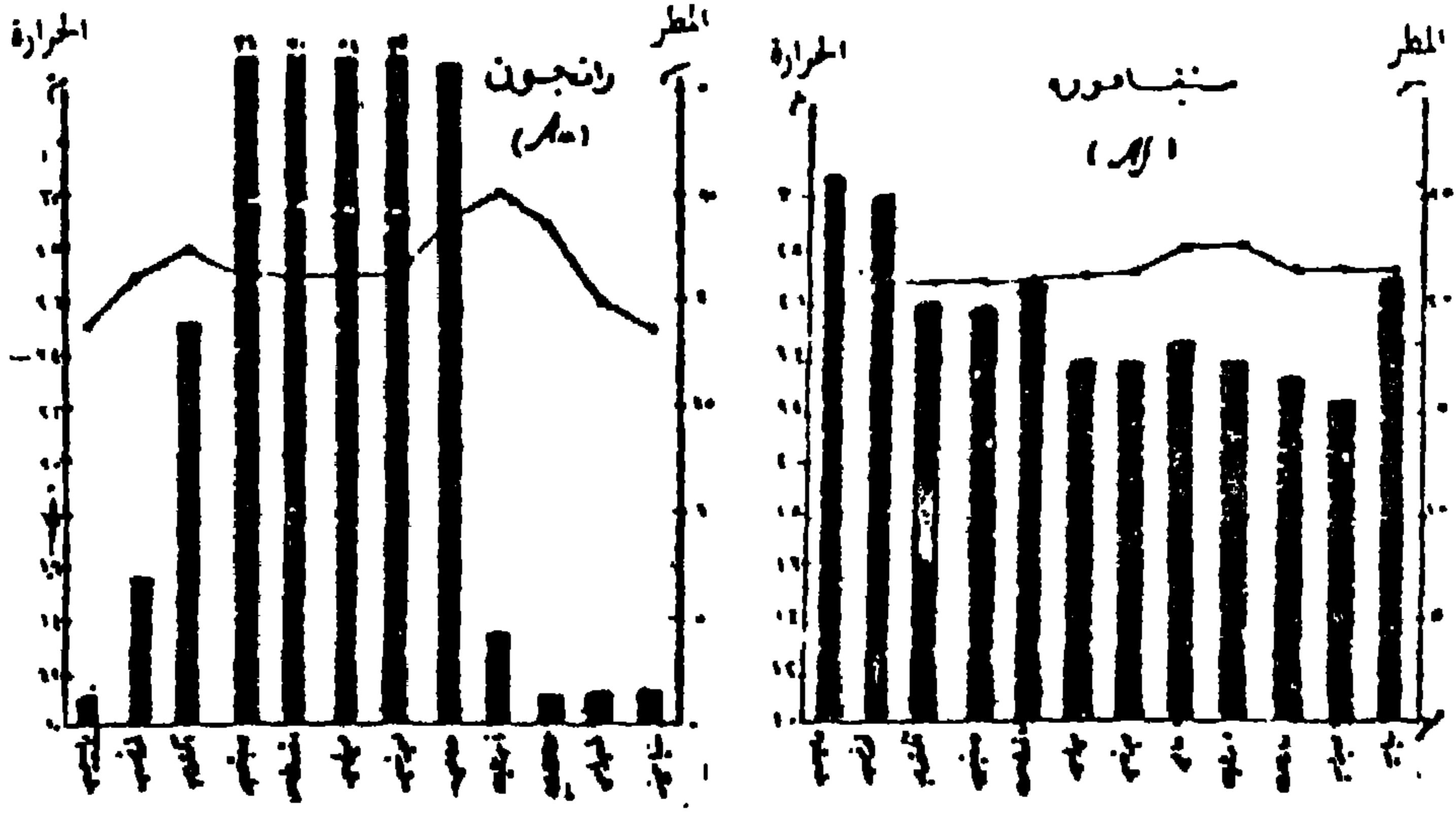
والأمطار موزعة على جميع الشهور ولكنها تبلغ قمتها في فترتي تعامد الشمس في الربيع والخريف ، وأغلبها من أمطار التصعيد ، ولكن قد تسقط بعض أمطار التضاريس والأمطار الإعصارية . وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٢٠٠ و ٣٠٠ سم . ولكنها قد تزيد عن ذلك على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح المطيرة مثل المنحدرات الغربية لجبال الكمرون (راجع أرقام سنغافورة ودوالا) .

والحياة النباتية في جملتها عبارة عن غابات كثيفة ذات أشجار ضخمة عريضة الأوراق دائمة الخضرة تشتهر باسم « الغابات المدارية المطيرة » أو « السلفا Selva » وهي كلمة المانية معناها غابة .

٢ - النوع Am (المدارى الموسمي) (شكل ٧١) : أهم ما يميز هذا النوع هو أن به فصلا مطيرا طويلا يشغل حوالى ستة أشهر أو سبعة وفصلا قصيرا في الشتاء يميل للجفاف، إلا أن كثرة أمطار الشهور المطيرة تستطيع أن تعوض هذا الجفاف بحيث تظل التربة السفلية محتفظة برطوبتها وتبقى الغابات دائمة الخضرة .

ويضم هذا النوع الأقاليم الموسمية المدارية غزيرة الأمطار ، كما يضم أقالما غير موسمية ولكنها غزيرة المطر في معظم الشهور . وتوجد أهم مناطقه في جنوب وجنوب شرق آسيا ، وخصوصا في الهند والهند الصينية والفلبين ، كما تنتمى إليه مناطق واسعة على ساحل غانة في إفريقيا ، والحوض الأدنى لنهر الأمازون والسواحل المجاورة له في أمريكا الجنوبية .

ولا تقل حرارة هذا النوع في شدتها عن حرارة النوع Af ، بل إنها قد تزيد عنها في بعض الحالات ، إلا أن الشتاء يكون غالبا أقل حرارة بسبب جفافه . ولذلك فإن المدى الحرارى فيه يكون أكثر ارتفاعا، وهو يتراوح بين ٤ و ٨



شكل (٧١) مدارى موسمي

شكل (٧٠) مدارى مطر طول العام

درجات، ومع ذلك فإن المعدلات الحرارية لا تنخفض حتى في أقل الشهور حرارة عن ٢٤° م .

والأمطار غزيرة في معظم الشهور إلا أن هناك فصلا جافا أو قليل المطر . ولا تقل المعدلات السنوية عنها في النوع المطر طول العام Af ، بل إن معدلات أمطار بعض الشهور تكون مرتفعة بدرجة ليس لها نظير في أى نوع مناخى آخر . فكثيرا ما يزيد المعدل لكل من يوليو وأغسطس عن ٥٠ سم . وتكثر الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات التي تهب الرياح المطرة عمودية عليها . وهنا تسجل غالبا الأرقام القياسية للأمطار التي تسقط في يوم واحد ، فقد سجلت في بعض الحالات كميات تزيد على ٢٠ سم في اليوم الواحد (راجع أرقام رانجون ومانيلا) .

ولا تختلف الحياة النباتية عنها في النوع Af إلا أنها قد تكون أقل كثافة نوعا ما ، وأغلبها غابات عريضة الأوراق دائمة الخضرة .

(المدارى المطير الجاف شتاء) (شكل ٧٢) : هذا النوع هو الذى يشتهر باسم مناخ السفانا ، وأهم فرق بينه وبين النوع Am هو أن أمطاره أقل

وفصل الحفاف أطول وأكثر وضوحاً ، وهو موحود على حاسى الرعين ٨٢ و ٨٣ بين خطى عرض ٨° و ١٥° فى نصف الكرة ، وأكبر ماطقه هى نطاق السفانا السودانية فى شمال إفريقيا والطاق المقابل له فى جنوبها ثم نطاق حشائش الكيماس فى شمال سهول الأمزون ونطاق حشائش اللاموس فى جنوبها . وتنتمى إليه كذلك معظم جزر الهند الغربية وشبه جزيرة فلوريدا فى الولايات المتحدة . وبعض مناطق شرق أمريكا الوسطى وغربها . وفى آسيا تنتمى إليه أجزاء كبيرة من الهند والهند الصينية وبعض جزر الفلبين . كما تنتمى إليه بعض جزر إندونيسيا ونقسم كبير من شمال استراليا .

وفصل الصيف فى هذا النوع أشد حرارة منه فى النوعين الآخرين من المناخ A . وأشد الشهور حرارة هو الشهر الذى يسبق الفصل المطير مباشرة ، وهو عادة شهر مايو فى نصف الكرة الشمالى ، وقد يزيد معدله عن ٣١° م ، ويليه شهر أكتوبر الذى يأتى بعد انتهاء هذا الفصل . أما الشتاء فمعتدل ، ولكن معدلاته أقل فى معظم الحالات منها فى النوعين الآخرين ، ولذلك فإن المدى الحرارى السنوى يكون فيه أكبر منه فىهما ، وهو يتراوح بين ٥ و ١٠ درجات .

وتسقط الأمطار صيفا عندما يتحرك نطاق الضغط المنخفض الاستوائى ليعطى نطاقات هذا النوع ، ولذلك فإن الأمطار معظمها أمطار تصعيد . وهى تتناقص فى كميتها كما يتناقص طول الفصل المطير كلما ابتعدنا عن خط الاستواء ، ويتراوح معدلها السنوى بين ٧٥ و ١٥٠ سم ، ويتراوح طول الفصل المطر بين سبعة أشهر على الجانب الأقرب إلى خط الاستواء وثلاثة على الجانب الأبعد (راجع أرقام كانو والمالاكال) .

والحياة النباتية ترتبط بتوزيع الأمطار وهى تتدرج من غابات مدارية نفضية أو شبه نفضية مختلطة بحشائش خشنة طويلة فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء إلى حشائش أقصر وأقل كثافة على الجانب الأبعد ، الذى يجاور نطاق الامتس الأفقر سيبيا

ثانياً — المناخ «B» (الجاف وشبه الجاف) :

أهم ما يميز هذا المناخ هو قلة الأمطار وارتفاع المدى الحرارى السنوى واليومى ، وهو ينقسم على حسب شدة الجفاف إلى نوعين كبيرين هما :
BW وهو نوع الصحارى و BS وهو نوع الاستبس . وقد سبق أن ذكرنا فى بداية هذا الفصل المعادلات التى اقترحها كوبن لتعيين الحد بين هذين النوعين على أساس العلاقة بين المطر ودرجة الحرارة . وفيما يلى وصف للأنواع الأصغر المتفرعة من هذين النوعين .

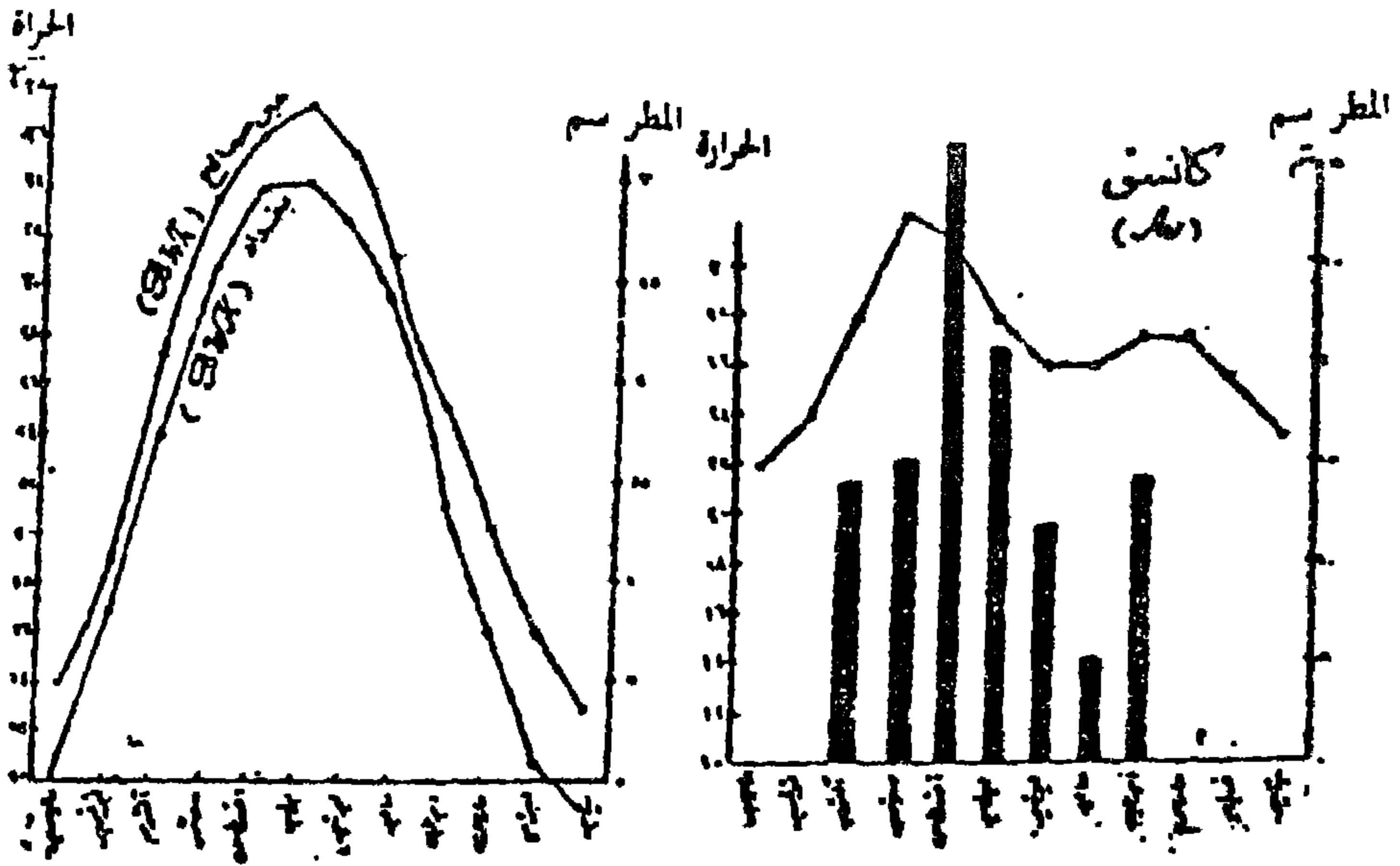
أ — النوع «BW» (نوع الصحارى) :

ينقسم هذا النوع على أساس المعدلات الحرارية إلى قسمين هما :

(١) BW_h — صحارى العروض المدارية (الحارة) .

(٢) BW_k — صحارى العروض المتوسطة (المعتدلة والباردة)

١ — النوع BW_h (صحارى العروض المدارية) : تشغل هذه الصحارى مساحات شاسعة فى العروض الدنيا وأكبرها هى الصحراء الكبرى وامتدادها فى غرب آسيا ، وصحراء كلهارى وناميبيا فى جنوب غربى إفريقيا ، وصحراء أريزونا بأمريكا الشمالية ، وصحراء بيرو . شمال شيلي بأمريكا الجنوبية ، وصحارى وسط وغرب استراليا . ويلاحظ أن جميع هذه الصحارى واقعة فى غرب القارات فى نطاق الرياح التجارية ، وذلك لعدة أسباب أهمها : (١) اتساع اليابس الذى يفصل بعضها (مثل الصحراء الكبرى وصحراء ناميبيا) عن المحيطات التى تأتى منها الرياح الممطرة من ناحية الشرق ، (٢) وقوع بعضها (مثل صحارى غرب الأمريكتين) فى ظل حواجز جبلية عالية تحول دون وصول الرياح الممطرة إليها من ناحية الشرق ، (٣) أن معظمها يدخل فى نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى حيث يميل الجو للاستقرار ، (٤) أن معظمها تمر بسواحله تيارات مائية باردة لا يحمل الهواء الذى فوقها كميات كبيرة من بخار الماء .



شكل (٧٢) صحراوى حار (عروض مدارية)
أوصحراوى معتدل (عروض متوسطة)

شكل (٧٢) المدارى المطير الجاف شتاء

وهذا النوع شديد الحرارة جدا ، ولاتنخفض معدلاته فى أى شهر عن 18°C ، وقد تصل معدلات بعض أشهر الصيف إلى 37°C . والمدى الحرارى السنوى واليومية كلاهما مرتفع . وقد يزيد المدى السنوى عن ٢٠ درجة ويزيد المدى اليومى عن ٢٥ درجة . وهذه الصحارى هى التى تسجل بها عادة الأرقام القياسية لدرجات الحرارة القصوى فى العالم . وأشهر الأماكن التى سجلت فيها مثل هذه الدرجات بالفعل مدينة العزيزية فى طرابلس بشمال ليبيا ووادى الموت بصحراء أريزونا ، وقد سجلت فى كل منهما درجات حرارية تزيد على 53°C مئوية .

والأمطار نادرة جدا ، ولكنها إن سقطت فانها تكون من أمطار التصعيد التى تأتى بها عواصف رعدية عنيفة تنهمر الأمطار أثناءها بغزارة متناهية فتؤدى إلى جرف التربة وجريان السيول وغرق الواحات ، ولكن هذا لا يحدث إلا مرة كل بضع سنين . ويختلف موسم المطر على حسب موسم فى الأقاليم المطيرة المجاورة .. ففى شمال الصحراء الكبرى يكون موسمه هو الشتاء تبعا

لموسم المطر في حوض البحر المتوسط أما في جنوبها فيكون موسمه هو الصيف تبعاً لموسم سقوطه في نطاق السفانا (راجع أرقام عين صالح بالجزائر وأرقام يوما في صحراء أريزونا) .

والحياة النباتية عبارة عن أعشاب فقيرة جداً ، وتكاد تنعدم تماماً في بعض المناطق ولكنها تتزايد كلما اقتربنا من المناطق الممطرة المجاورة .

٢ - النوع BWk (صحارى العروض المتوسطة) : توجد أكبر هذه الصحارى في أواسط آسيا وغربها ومنها صحارى العراق والشام وجوى ومنغوليا. كما توجد منها صحراوى أصغر نسبياً في العالم الجديد ، مثل صحراء الحوض العظيم في الولايات المتحدة وصحراء باتاجونيا ، وصحراء وسط شيلي الساحلية في أمريكا الجنوبية . وفي إفريقيا يوجد منها كذلك شريط ساحلى ضيق في جنوب غربى القارة .

والعوامل التى أدت إلى ظهور هذه الصحارى هى تقريبا نفس العوامل التى أدت إلى ظهور الصحارى الحارة وهى : (١) وقوع بعضها في قلب كتل قارية واسعة بعيداً عن مصادر الأمطار ، كما هى الحال بالنسبة لصحارى وسط آسيا - (٢) وقوع بعضها في ظل حواجز جبلية مرتفعة ، كما هى الحال بالنسبة لصحراء باتاجونيا وصحراء وسط شيلي الساحلية ، (٣) وقوع معظمها وخصوصاً في الشتاء في نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى حيث يميل الجو للاستقرار (٤) مرور تيارات باردة بجوار سواحل بعضها مثل تيار بنجويلا الذى يمر بجوار ساحل جنوب غربى إفريقيا وتيار بيرو الذى يمر بجوار سواحل شيلي .

وعلى الرغم من أن هذه الصحارى تسمى أحياناً بالصحارى الباردة فإن هذه التسمية ترجع فقط إلى شدة برودة فصل الشتاء الذى قد تنخفض المعدلات الحرارية لشهرين أو ثلاثة من شهوره إلى أقل من درجة التجمد ، أما الصيف فشديد الحرارة وإن كانت حرارته لاتصل في شدتها إلى شدة حرارته في الصحارى الحارة . وتتراوح معدلاته غالباً بين ٢٥° و ٣٠° مئوية . وكما هى

الحال في كل أنواع المناخ القارى فان المدى الحرارى السنوى ها مرتفع ، ويرجع ارتفاعه إلى شدة برودة الشتاء أكثر من رجوعه لشدة حرارة الصيف ، وهو يتراوح بين ١٥ و ٢٥ درجة .

وأما هذه الصحارى نادرة بطبيعة الحال ، ولكنها قد تسقط بغزارة في مرات متباعدة بسبب عواصف الرعد أو بسبب وصول بعض المنخفضات الجوية أو للرياح الممطرة من ناحية الغرب . ويحدث هذا بصفة خاصة في فصل الصيف عندما يكون الضغط الجوى منخفضا مما يساعد على نشاط التيارات الصاعدة وعلى توغل المنخفضات الجوية والرياح التى تحمل بعض الرطوبة ، راجع أرقام بغداد وتدمر (سوريا) .

والحياة النباتية مكونة من أعشاب وحشائش فقيرة جدا ، ولكنها تتزايد كلما ابتعدنا عن قلب الصحراء نحو مناطق الاستبس المجاورة لها .

ب - النوع «BS» (الاستبس) :

كما هي الحال في المناخ الصحراوى ينقسم هذا النوع إلى قسمين هما :

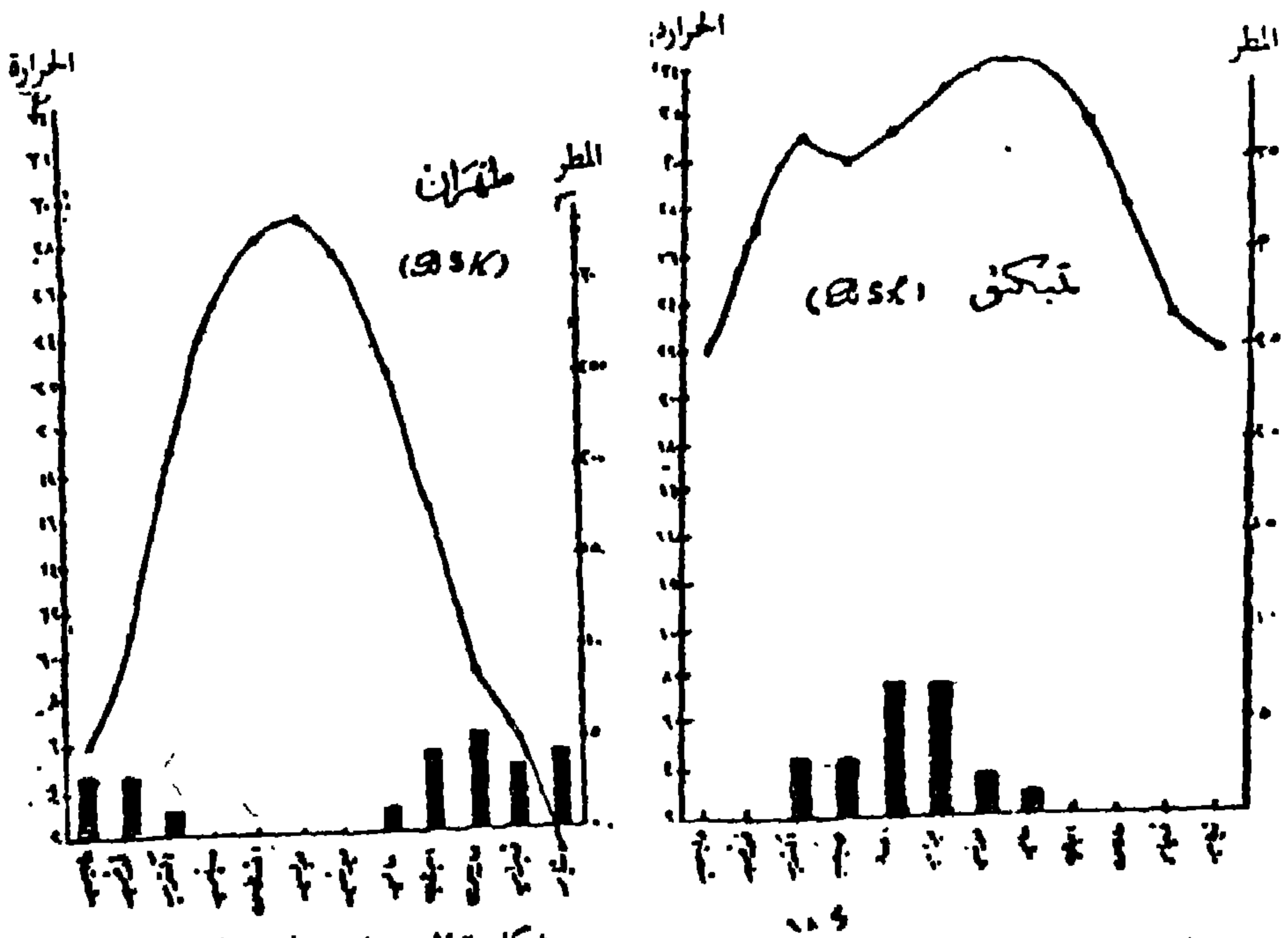
(١) BSh — استبس العروض المدارية .

(٢) BSk — استبس العروض المعتدلة والباردة .

١ - النوع BSh (استبس العروض المدارية) : يوجد هذا النوع على أطراف الصحارى الحارة ، وهو في الواقع نوع انتقالى بين هذه الصحارى وبين الأقاليم الممطرة القريبة منها ، وتوزع معظم مناطقه بين خطى عرض ١٥° و ٣٥° شمالا . وتوجد منه في إفريقيا ثلاث نطاقات يوحد أحدها بين الصحراء الكبرى ونطاق البحر المتوسط ، والثانى بين هذه الصحراء ونطاق السقانا ، والثالث في أواسط هضبة إفريقيا الجنوبية . وفي آسيا توجد أهم مناطقه في هضبة الدكن ، وفي العالم الجديد توجد بعض مناطقه حول الصحارى الحارة في جنوب غرب الولايات المتحدة ، وفي أواسط أمريكا الجنوبية ، وحول الصحارى الوسطى بأستراليا .

والحرارة في هذا النوع مرتفعة طول السنة ، ولاتقل معدلاتها في أى شهر من الشهور عن 18° ، وترتفع في بعض أشهر الصيف إلى أكثر من 32° . أما الأمطار فتتراوح معدلاتها بين ٢٥ و ٤٥ سم ، ويختلف موسم سقوطها تبعاً لموسم سقوطها في الأقاليم المطيرة المجاورة ، ففي النطاق القريب من حوض البحر المتوسط يكون موسمها في الشتاء أما في النطاق المجاور للسفانا فيكون في الصيف (راجع أرقام تمبكتو (مالي) ، والفاشر (السودان) .

والحياة النباتية عبارة عن حشائش السفانا تبعاً لتناقص المطر .



(شكل ٧٥) مناخ استبس العروض المتوسطة المعتدلة والباردة .

(شكل ٧٤) مناخ استبس العروض المدارية .

٢ - النوع BSk (استبس العروض المعتدلة والباردة) : كما ان الاستبس الحار يوجد على أطراف الصحارى فإن هذا النوع يوجد على أطراف الصحارى الباردة ، كما يعتبر هو الآخر مناخاً انتقالياً بين هذه الصحارى وبين الأقاليم المطيرة القريبة منها ، وتوجد أكبر مناطقه في أوراسيا حيث تمتد في نطاق عظيم بين الشرق والغرب لأكثر من ثلاثة آلاف كيلومتر ، وغير هذا

النطاق توجد مناطق متفرقة منه على هضاب إيران وتركيا وأفغانستان
وباكستان ، وفي أمريكا الشمالية توجد أهم مناطقها إلى الغرب من تلك .
١٠٠٠ عربا .

والحرارة في هذا النوع مشابهة لها في الصحارى الباردة من حيث شدة
حرارة الصيف وشدة برودة الشتاء ، وارتفاع المدى الحرارى السنوى . ففي
الصيف ترتفع المعدلات في بعض الأشهر إلى أكثر من ٢٥° بينما تهبط في بعض
أشهر الشتاء إلى درجة التجمد . وقد ترتفع النهايات العظمى في بعض أيام
الصيف إلى أكثر من ٣٨° ، وقد تهبط النهايات الصغرى في بعض أيام الشتاء إلى
- ٣٠° . والواقع أن شدة برودة الشتاء هي الصفة البارزة في هذا المناخ ،
وهي المبرر الذي من أجله يوصف هذا المناخ « بالبارد » .

والأمطار أقل عموما منها في الاستبس الحار ، وهي تتراوح بين ٢٠ و ٤٠
سنتيمترا في السنة ، ويختلف موسم سقوطها من مكان إلى آخر تبعا لموسم
سقوطها في الأقاليم المطيرة المجاورة (راجع أرقام طهران وكمبرلى) بحبوب
إفريقيا) .

والحياة النباتية في جملتها عبارة عن حشائش تنمو في أغلب المناطق من
الأشجار ، وهي أصلح كغذاء للماشية والأغنام من حشائش الاستبس الحار ،
ولذلك فإن مناطق الاستبس البارد هي أعظم المراعى العالمية وأكثرها إنتاجا
للحوم والألبان ، إلا أن معظمها قد تحول إلى حقول زراعية وخصوصا لإنتاج
القمح وغيره من الحبوب الغذائية .

ثالثا - المناخ «C» (المعتدل)

يشغل هذا المناخ بأنواعه المختلفة نطاقات شاسعة تمتد في عروض
كثيرة حتى أن بعضها قد يمتد إلى ما وراء الدائرة القطبية . وعلى الرغم من أن
هذا المناخ يوصف عموما بأنه معتدل إلا أن أغلب أنواعه ليست معتدلة بمعنى
الكلمة ، كما يدل على ذلك ارتفاع المدى الحرارى بها ، ولا يستثنى من ذلك إلا

النوع Cb أى المعتدل ذو الصيف الدافئ، لأنه هو النوع الوحيد الذى يكون فيه المدى الحرارى السنوى صغيرا .

و فى جميع أنواع المناخ C يجب الا ينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من شهور السنة عن -3°C . ولكن هناك على أى حال تباين ظاهر بين الأنواع التى يضمها هذا المناخ سواء فى المعدلات الحرارية أو فى المدى السنوى للحرارة . وأهم الأنواع التى تنتمى إلى هذا المناخ هى :

أ - أنواع ممطرة طول العام Cf وتشمل

١ - نوع حار صيفا Cfa

٢ - نوع دافئ صيفا Cfb

٣ - نوع معتدل صيفا Cfc

ب - أنواع جافة شتاء Cw وتشمل :

١ - نوع حار صيفا Cwa

٢ - نوع دافئ صيفا Cwb

ج - أنواع جافة صيفا Cs وتشمل :

١ - نوع حار صيفا Csa

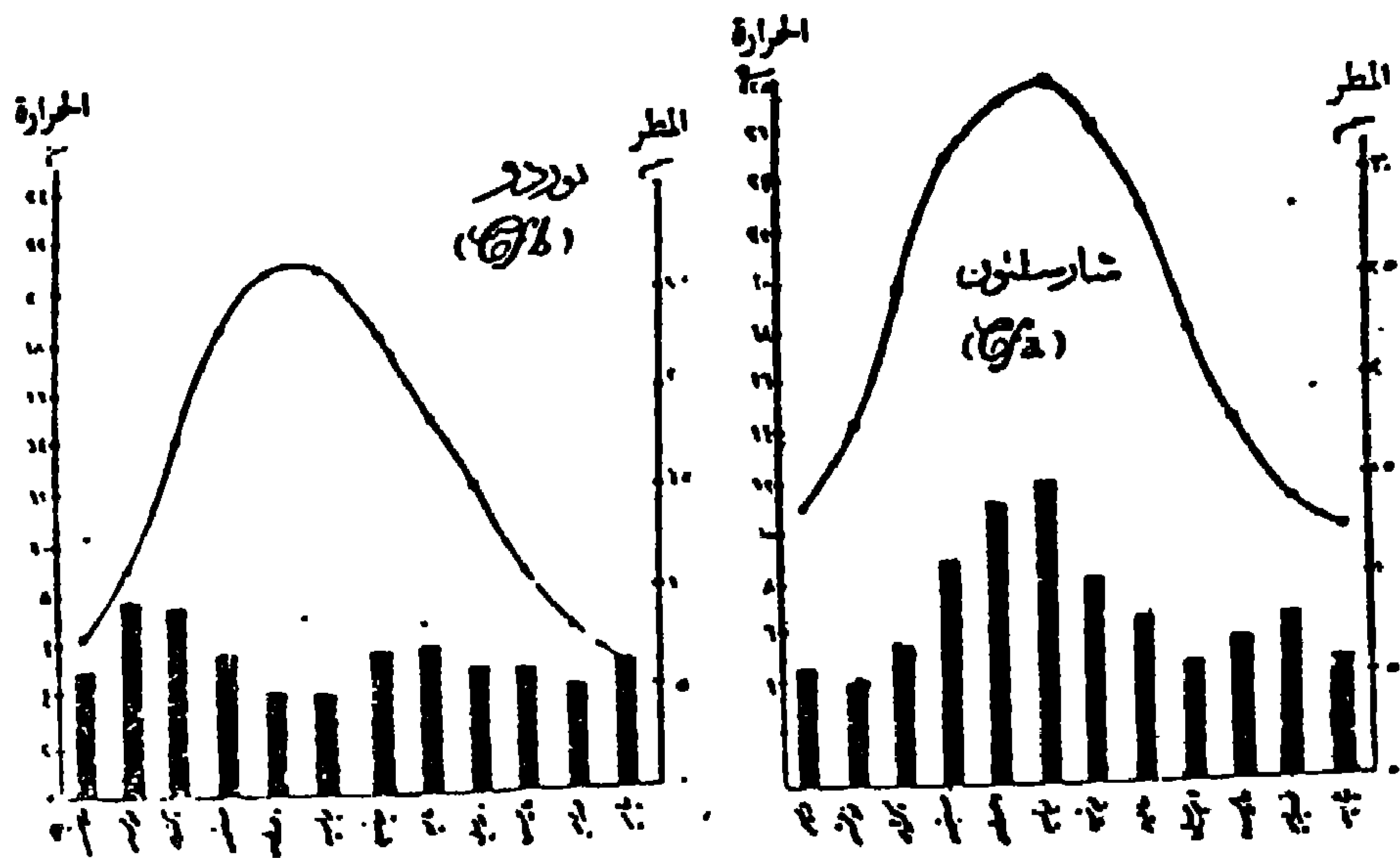
٢ - نوع دافئ صيفا Cab

أ) أنواع المناخ Cf (المعتدل الممطر طول العام) :

١) النوع Cfa (الحار صيفا) : وتوجد أهم مناطقه بشكل نطاقات ساحلية امتدادها العام بين الشمال والجنوب فيما بين كل من المدارين وخط عرض 40° شمالا أو جنوبا . وتوجد أكبر نطاقاته فى الولايات المتحدة حيث يشغل حوالى ثلث المساحة الكلية للبلاد ما بين الساحل الشرقى وخط طول 102° غربا . وفى أمريكا الجنوبية يوجد منه فى شرق القارة نطاق كبير يضم مساحات كبيرة من جنوب شرق البرازيل ومن أوروبا وجوى والأرجنتين . وفى العالم القديم تنتمى إليه معظم الصين الجنوبية وأجزاء كبيرة من جزر اليابان فى

آسيا واقليم ناتال في جنوب شرق إفريقيا وحوض نهر اليو والجر لأند. مر
حوض الدانوب في أوروبا . وفي استراليا ينتمى إليه معظم إقليم المرتفعات إلى
الجنوب من مدار الجدى .

وهذا النوع شديد الحرارة في الصيف وفيه تتراوح معدلات أشد الشهور
حرارة بين 24° و 27° م ، أما الشتاء فمعتدل وتتراوح معدلاته بين 3° و
 12° . ولكن بما أن الامتداد العام لنطاقات هذا المناخ يسير بين الشمال
والجنوب في عروض كثيرة ، فإن هناك فروقا حرارية كبيرة بين الأجزاء
الشمالية والأجزاء الجنوبية للنطاق الواحد . والتأثير البحرى على هذا المناخ
واضح بسبب موقع نطاقاته على امتداد السواحل ، ولذلك فإن المدى الحرارى
اليومى والسنوى على طول سواحله منخفضان نوعا ما .



شكل (٧٦) معتدل ممطر طول العام حار صيفا شكل (٧٧) معتدل ممطر طول العام دافئ صيفا
وتتراوح المعدلات السنوية للمطر بين ٧٥ و ١٥٠ سم . وهى موزعة على
جميع الأشهر ، ولكنها تزداد في فصل الصيف بسبب هبوب الرياح التجارية أو
الموسمية من ناحية البحر . وتتعرض مناطق هذا المناخ في الصين وجنوب شرق
الولايات المتحدة لغزو بغض الأعاصير المدارية العنيفة التى يطلق عليها اسم

« التيمون » و الصين ، واسم « الهاريكين » في أمريكا وهي تساعد على زيادة أمطار الصيف ، وتؤدي في كثير من الأحيان إلى حدوث بعض التخريب . ويتعرض جنوب الولايات المتحدة كذلك لغزو أعاصير « الترنادو » التي تشتهر بشدة تخريبها (راجع أرقام شارلستون وبورت ليزايت) .

والحياة النباتية عبارة عن غابات نفضية تختلط بها غابات صنوبرية في مناطق التربة الحمضية وعلى المنحدرات العالية ، وحيثما يقل المطر في السهول الداخلية تنمو حشائش الاستبس .

٢) النوع Cfb (الدافئ صيفا) وهو يوجد بجوار النوع الحار Cfa من ناحية القطب وعلى المنحدرات الأكثر ارتفاعا . وهو يشغل في أوروبا نطاقا شاسعا يمتد من خط عرض ٤٠° حتى خط عرض ٦٣° . ومن السواحل الغربية لأيرلنده نحو الشرق حتى خط طول ٢٨° شرقا ، وتقدر مساحته بنحو ٣٠٪ من المساحة الكلية لهذه القارة . وفي أمريكا الشمالية تنتمي إليه منطقتان أحدهما على السواحل الغربية بين شمال الولايات المتحدة وجنوب ألاسكا ، والثانية على مرتفعات الأبلاش وسط النوع الحار الذي يحتل المناطق السهلية . وفي نصف الكرة الجنوبي تنتمي إليه منطقة صغيرة في أقصى جنوب شرق إفريقيا ومنطقة ثانية أكبر نسبيا في أقصى جنوب شرق استراليا . وفي أمريكا الجنوبية تنتمي إليه منطقتان صغيرتان إحداهما جنوب مدينة ريو دي جانيرو على الساحل الشرقي ، والثانية بين خطي عرض ٤٠° و ٥٠° جنوبا على الساحل الغربي .

وهذا النوع معتدل الحرارة بصفة عامة ، وتتراوح معدلاته الحرارية السنوية بين ٥° و ١٢° م . ومع ذلك فإن الصيف يميل للحرارة ، ولكن معدلاته لاتزيد غالبا عن ٢٢° م في أى شهر من الشهور . وقد تحدث في هذا الفصل موجات حرارية ترتفع أثناءها النهايات العظمى إلى مايقرب من ٤٠° ، ولكن هذا لا يحدث إلا في حالات قليلة عندما يصل هواء مدارى قارى حار من

الجنوب في مقدمة المنخفضات الجوية . أما الشتاء فيميل للبرودة وقد تنخفض بعض معدلاته الشهرية عن درجة التجمد . وكثيرا ما تحدث أثناء موجات برد قارصة نتيجة لهبوب هواء قطبي من الشمال في مؤخرة المنخفضات الجوية . وقد تستمر بعض هذه الموجات بضعة أيام تكون فيها درجة الحرارة أقل من درجة التجمد بكثير . والمدى الحرارى السنوى واليومي كلاهما منخفض نوعا ما على السواحل ولكنها يتزايدان كلما توغلنا في اليابس نتيجة لتزايد المظاهر القارية .

وأما هذا المناخ كثيرة وموزعة على جميع الأشهر ولكنها تبلغ قمتها شتاء في غرب القارات بسبب تزايد نشاط المنخفضات الجوية ، وتترشح هذه القمة نحو الريح أو الصيف كلما تعمقنا في اليابس نحو الشرق نتيجة لتزايد نشاط التيارات الصاعدة بسبب ارتفاع درجة الحرارة ، وتتناقص كمية المطر عموما كلما سرنا في نفس الاتجاه ، فبينما يتراوح المعدل السنوى في سهول شرق أوروبا بين ٥٠ و ١٠٠ سم فإنه قد يزيد على ٤٠٠ سم على سواحلها الغربية ، وتكثر الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات الجبلية الغربية المواجهة للمحيط . وكثيرا ما تسقط الأمطار خصوصا في الشتاء بصورة ثلج . ونظرا لارتفاع الرطوبة النسبية فإن الضباب يعتبر من الظواهر الشائعة الحدوث (راجع أرقام بوردو ووارسو) .

والحياة النباتية غنية في هذا المناخ وأغلبها عبارة عن غابات نفضية ، أو صنوبرية على المرتفعات . ولكن أغلب هذه الغابات أزيلت وحلت محلها الزراعة .

٣ - النوع Cfc (المائل للبرودة - صيفا) : يمثل هذا النوع الامتداد الشمالى للنوع الدافئ Cfa . وهو يظهر على ساحل النرويج بين خطى عرض ٦٣° و ٧٠° ، وفي جنوب أيسلندة وجزر فاروس وشتلاند وبعض الجبال العالية في بريطانيا ، وعلى سواحل ألاسكا وأرخييل ألوشيان وفي جزء صغير في الطرف الجنوبى لأمريكا الجنوبية وجزر فولكلاند . ويلاحظ أن كل هذه المناطق عبارة عن مناطق ساحلية ، ولذلك فإن المدى الحرارى بها صغير ،

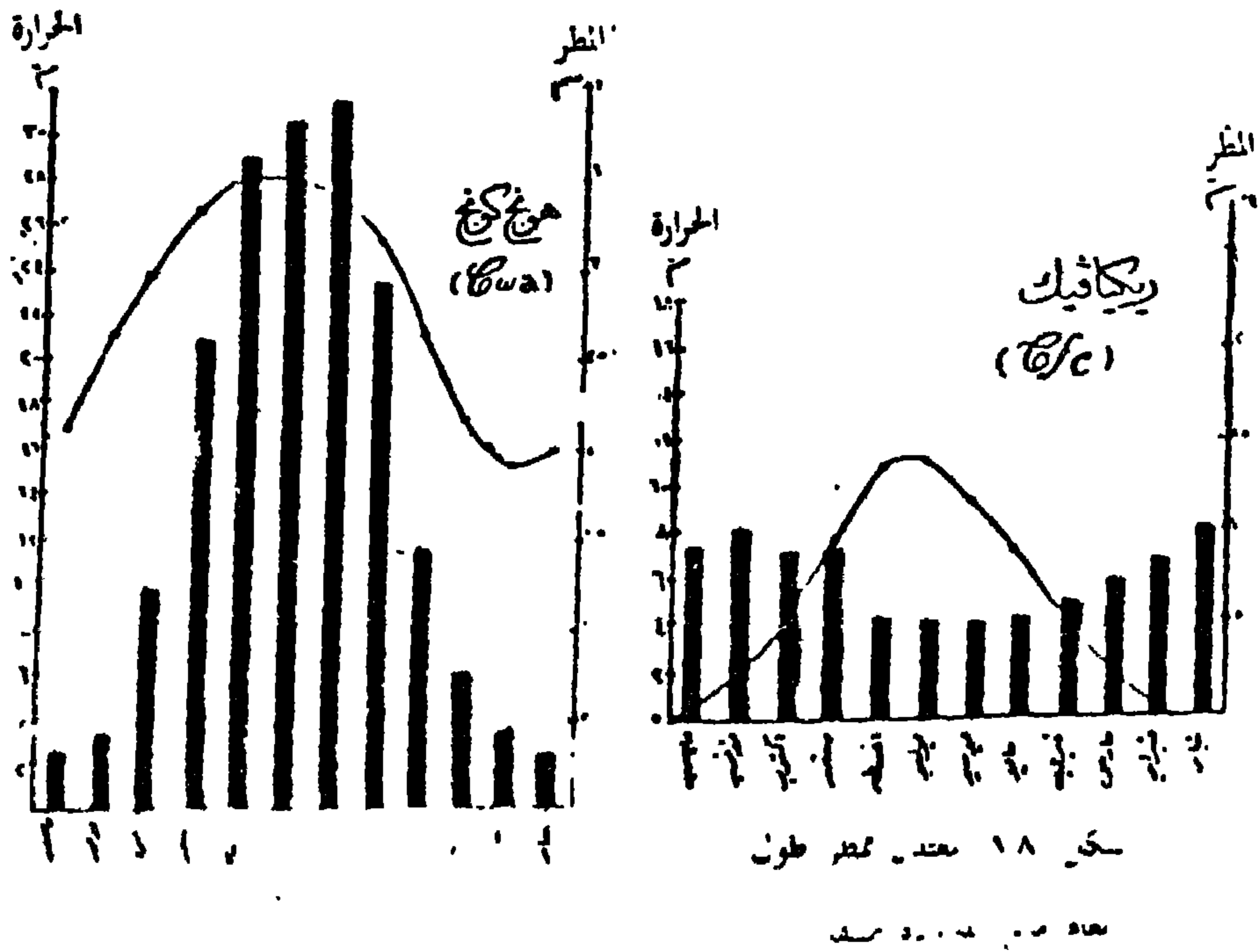
وتتراوح المعدلات الشهرية في معظم المناطق بين -3° لأبرد الشهور و 13° لأدفعها .

والأمطار موزعة على جميع الأشهر، ولكن معظمها يسقط في نصف السنة الشتوى بسبب نشاط المنخفضات الجوية ، وتسقط معظم أمطار الشتاء بصورة ثلج ، وتتراوح المعدلات السنوية بين 75 و 150 سم . (راجع أرقام ريكيافيك وكودياك) .

والحياة النباتية معظمها عبارة عن حشائش تختلط بها في بعض المواضع بعض الغابات الصنوبرية .

ب (أنواع المناخ Cw (الجاف شتاء) :

١- النوع Cwa (الحار صيفا) : هذا النوع هو أشد أنواع المناخ «C» حرارة ، وخصوصا في الصيف ، ولولا أن به فصلا واضحا يميل للبرودة لما اختلف عن المناخ المدارى ، ومع أن مناطق واسعة منه تقع بين المدارين فإنه



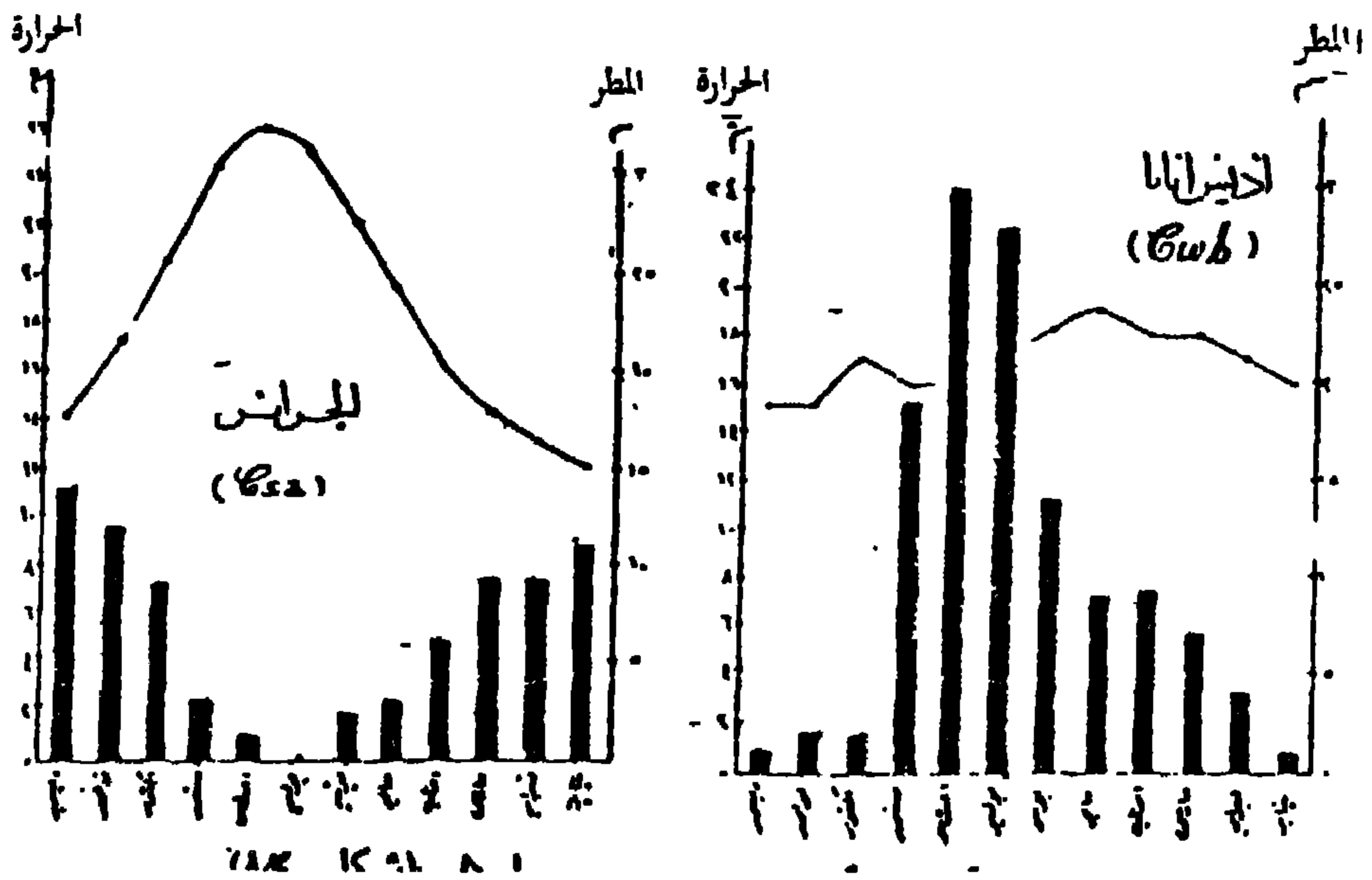
يصل في بعض مناطق شمال الصين وكوريا إلى خط عرض ٤٠° شمالاً وينتمى إليه قسم كبير من وسط الصين وجنوبها وأجزاء من الهند الصينية . وفي إفريقيا ينتمى إليه نطاق المرتفعات الممتد في جنوب القارة بين خطى عرض ١٠° و ٢٧° جنوباً حيث يشمل مرتفعات أنجولا وزامبيا وتانزانيا ، كما يشغل كثيراً من مرتفعات شرق القارة ومرتفعات جزيرة مدغشقر . وفي أمريكا الجنوبية يوجد على المرتفعات المحيطة بالمناخ Aw (السفانا) . وهو يوجد غالباً في المستويات التي لا يزيد ارتفاعها عن ١٦٠٠ متر ، وبجواره من أعلى النوع الدافئ Cwb . ومعدلات الحرارة مرتفعة جداً في نصف السنة الصيفي . وأشد الشهور حرارة هو الشهر الذي يسبق موسم المطر مباشرة (مايو في نصف الكرة الشمالي) . وكثيراً ما يزيد معدله عن ٣٠° . أما الشتاء فمعتدل ، وسماءه صافية ، وأبرد شهوره هو شهر يناير الذي يتراوح معدله بين ١٤° و ١٨° م . والأمطار لا تختلف في نوعها أو توزيعها الفصلي عن أمطار مناخ السفانا «Aw» ، فأغلبها من أمطار التصعيد ، وموسم سقوطها هو فصل الصيف تبعاً لحركة الشمس الظاهرية . ولكن معدلاتها تتباين تبايناً كبيراً على حسب ظروف الموقع واتجاه المنحدرات بالنسبة للرياح الممطرة ، فبينما تزيد في بعض الأماكن عن ٢٠٠ سم فإنها قد تهبط في أماكن أخرى إلى أقل من ٦٠ سم . وعلى الرغم من جفاف فصل الشتاء فإن قليلاً من المطر قد يسقط أثناءه بسبب المنخفضات ، ومع ذلك فيجب أن يظل الجفاف واضحاً ولو في شهر واحد على الأقل ، بحيث لا يزيد معدل هذا الشهر عن $\frac{1}{10}$ من معدل أكثر الشهور مطراً . وهذا شرط مهم لتحديد هذا المناخ (راجع أرقام هونج كونج وسولزبرى) .

والحياة النباتية أغلبها غابات عريضة الأوراق دائمة الخضرة في المناطق كثيرة المطر ، وتتحول إلى غابات شبه نفضية أو حشائش من نوع السفانا حيثما يقل المطر .

٢ - النوع Cwb (الدائم صيفا) : يوجد هذا المناخ دائما في مستويات أعلى من المستويات التي يوجد فيها النوع Cwa أو على جانبه الأقرب إلى القطبين . وتوجد منه في الهند وبرما والصين أشرطة ضيقة محصورة بين النوع الحار Cwa من ناحية والقمم الجبلية المرتفعة من ناحية أخرى ، أما في إفريقيا فتتبع إلى بعض مرتفعات الحبشة ومرتفعات مدغشقر . وفي أمريكا الجنوبية تنتمي إليه بعض المنحدرات العليا لجبال الأنديز . كما تنتمي إليه في أمريكا الشمالية مدينة مكسيكو سيتي والمنطقة المجاورة لها من ناحية الشرق .

ودرجة حرارة هذا المناخ أقل منها في النوع Cwa ، ففي الصيف تتراوح المعدلات الشهرية بين ١٧° و ٢٠° م ، أما في الشتاء فتتراوح بين ١٣° و ١٧° م . ولذلك فإن المدى الحراري السنوي منخفض نسبيا ، وهي صفة من الصفات المعروفة عن مناخ المناطق المرتفعة عموما . ويمكن أن يعتبر هذا النوع في الواقع مثالا صادقا للمناخ المعتدل .

والأمطار أقل نوعا ما منها في النوع Cwa ، وموسم سقوطها هو فصل



شكل (٨١) معتدل جاف صيفا حار صيفا

شكل (٨٠) معتدل شتاء دالء صيفا

الصيف ، ولكنها تتباين تباينا كبيرا في كميتها من مكان إلى آخر على حسب الظروف المحلية ، وتتراوح معدلاتها على العموم بين ٥٠ و ١٢٠ سم ، (راجع أرقام أدبس أبابا ومكسكو سيتي) .

والحياة النباتية في جملتها عبارة عن حشائش من نوع الاستبس .

ج (أنواع المناخ Csa (الجاف صيفا) :

١ - النوع Csa (الحار صيفا) : يوجد هذا النوع بصفة خاصة في حوض البحر المتوسط . ولذلك فانه يشتهر باسم « مناخ البحر المتوسط » . ومع ذلك فان هذه التسمية ليست دقيقة ، لأن بعض أجزاء هذا الحوض نفسه لها صفات مناخية خاصة لا تتفق مع الصفات المعروفة لهذا المناخ ، كما أن نفس هذا النوع يتمثل بصورة أكثر وضوحا في مناطق أخرى بعيدة عن هذا الحوض ، كما هي الحال في وادي كاليفورنيا وفي منطقة رأس الرجاء الصالح وفي الطرفين الجنوبي الشرق والجنوبي الغربى لاستراليا . وفي آسيا بالذات يتوغل هذا المناخ نحو الشرق لمسافة كبيرة قد تصل إلى خط طول ٨٠ شرقا تقريبا . وهو يوجد في بعض المناطق مجاورا للنوع Csb ، إلا أن هذا الأخير يكون دائما في المستويات الأكثر ارتفاعا أو على الجوانب الأقرب إلى القطبين . فهما مثلا موجودان معا في تركيا وإيران وأفغانستان وباكستان وجنوب الاتحاد السوفيتى . ويمتد النطاق الذى يشغلانه معا في آسيا لمسافة تزيد عن ٧٠٠٠ كم إلى الشرق من ساحل البحر المتوسط ، ولمسافة ١٧٥٠ كم بين الشمال والجنوب . وأغلب هذا النطاق عبارة عن هضاب وجبال تفصلها سهول صغيرة وتقطعها وديان عميقة . وهذه السهول والوديان هي التى تنتمى فعلا إلى النوع Csa ، بينما تنتمى المناطق التى تليها في الارتفاع إلى النوع الدافئ Csb . وتدخل السهول الساحلية والوديان المجاورة للبحر المتوسط نفسه ضمن النوع Csa . وينطبق نفس هذا الكلام على المناطق المرتفعة التى يوجد فيها هذان النوعان متجاورين في باقي القارات

ومن الصفات البارزة لهذا النوع أن صيفه شديد الحرارة، والسما فيه صافية وأشعة الشمس قوية ، ولاتكاد تقل حرارة الصيف هنا عنها في مناخ الاستبس المعتدل المجاور له BSk . وترتفع معدلات بعض أشهر هذا الفصل عن 23°C . وقد ترتفع النهايات العظمى في بعض الأيام إلى 45°C أو أكثر . أما الشتاء فمعتدل ، وتتراوح معدلاته بين 5°C و 13°C ، ولكن كثيرا ما تحدث موجات برد قارصة نتيجة لوصول هواء قطبي شديد البرودة في مؤخرة بعض المنخفضات الجوية ، وقد تنخفض النهايات الصغرى أثناء هذه الموجات إلى أقل من درجة التجمد .

وموسم المطر في المناخ Csa هو الشتاء عندما تدخل مناطقه في نطاق الرياح الغربية أما الصيف فجاف ، ويكون الجو فيه صحوا لأن هذه المناطق تدخل أثناءه في نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى والأمطار في جملتها إعصارية بسبب المنخفضات الجوية التي تكثر في الشتاء . وهي تتناقص عموما من الشمال إلى الجنوب ومن الغرب إلى الشرق ، وتكثر بصفة خاصة على المنحدرات الغربية للجبال ، وتتراوح المعدلات السنوية بين 50 و 100 سم . (راجع أرقام الجزائر وطشقند) .

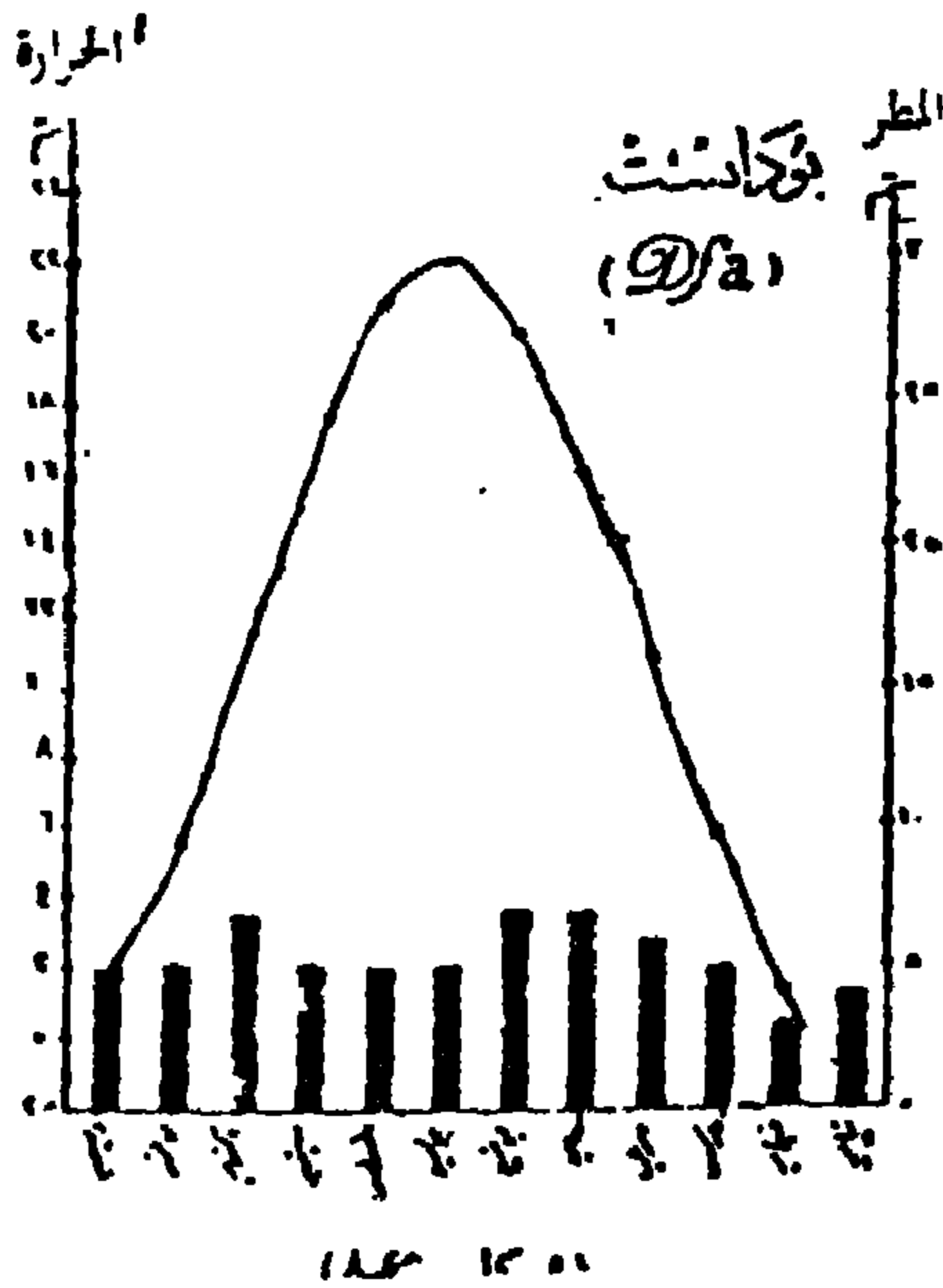
والحياة النباتية الطبيعية عبارة عن غابات وأحراج دائمة الخضرة تشتهر باسم « غابات البحر المتوسط » ، وحيثما يقل المطر تنمو بعض حشائش الاستبس .

٢ - النوع Csb (الدافئ صيفا) : يوجد هذا النوع مجاورا للنوع الحار Csa ، ولكن على الجوانب الأقرب إلى القطب أو على المستويات الأعلى . أو على السواحل ، ويلاحظ على أي حال أن معظم مناطق هذا النوع مكونة من أشربة ساحلية طويلة موجودة في مختلف القارات ومن أهمها الأشربة الموجودة في غرب الولايات المتحدة بين كاليفورنيا وكندا ، وفي جنوب شيلي ، وفي غرب أيبيريا وفي رأس الرجاء الصالح والطرفين الجنوبي والجنوبي الغربي لآستراليا .

وحارة الصيف في هذا النوع أقل منها في النوع Csa ولاتزيد معدلاته

الشهرية عن ٢٢° م . أما الشتاء فتكاد ظروفه تكون واحدة في السبعين وتتراوح معدلات أشهره بين ٤° و ١٠° . والمدى الحرارى السنوى على هذا الأساس ليس كبيرا . والواقع أن هذا المناخ معتدل بمعنى الكلمة ، وهو أحد الأنواع القليلة التى يصدق عليها هذا الوصف . ومع ذلك فقد تميز به في بعض أيام الشتاء موجات برد قارصة يسببها وصول هواء قطبي في مؤخرة بعض المنخفضات الجوية .

والأمطار أكثر وموسمها أطول نوعا ما منها في النوع الحار Csa ، وهى مثلها تتناقص كلما اتجهنا جنوبا . وكلما ابتعدنا نحو الشرق . وموسمها الرئيسى هو الشتاء بسبب كثرة المنخفضات الجوية . وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٦٠ و ١٢٠ سم . ويعتبر الضباب من الظواهر الشائعة على السواحل في هذا المناخ ، ويساعد على كثرته رطوبة الهواء ومرور بعض التيارات البحرية الباردة بجوار هذه السواحل وأهمها تيار كاليفورنيا وتيار بيرو وتيار بنجويلا . (راجع أرقام لوس انجلس وكيب تاون) .



والحياة النباتية غنية بسبب وفرة المطر وتنوع مظاهر التضاريس ، وأغلبها غابات دائمة الخضرة من نوع غابات البحر المتوسط ، وهي تمثل في بعض المناطق مصدرا من أهم مصادر الأخشاب في العالم ، وينطبق هذا بصفة خاصة على بعض غابات غرب الولايات المتحدة ، وهي غابات تشتهر بعلو أشجارها وسمك جذوعها واستقامتها .

رابعا — المناخ «D» البارد

تشارك جميع أنواع هذا المناخ في أنها شديدة البرودة في الشتاء . وهي لا توجد إلا في نصف الكرة الشمالي حيث تشغل نطاقين كبيرين أحدهما في شمال أوراسيا بين خطي عرض 50° و 75° ، والثاني في شمال أمريكا الشمالية بين خطي عرض 40° و 75° . وتمتد من هذين النطاقين نحو الجنوب السنة محدودة تشمل بعض المناطق الجبلية العالية . وعلى حسب تحديد كوبن فإن هذا المناخ يجب أن يكون به في الصيف شهر يتراوح معدل حرارته بين 10° و 18° م ، ويكون به في الشتاء شهر معدله — 3° م أو أقل . ومعظم أقاليم هذا المناخ قارية ، والفرق الحراري بين صيفها وشتائها كبير ، حيث يزيد المدى الحراري غالبا عن 20 درجة مئوية .

ونظر لأن جميع أنواع هذا المناخ تشارك في قسوة برودة الشتاء فإن أفضل الأسس لتقسيمه هي : أولا — التوزيع الفصلي للمطر ، وثانيا — معدلات درجة حرارة فصل الصيف ، فعلى أساس توزيع المطر يقسم هذا النوع إلى قسمين هما : (١) نوع ممطر طول العام ، Df ، (٢) نوع جاف في الشتاء Dw . أما على أساس حرارة فصل الصيف فيقسم كل نوع من هذين النوعين إلى أربعة أقسام كما يأتي :

أقسام المناخ البارد المطر طول العام Df	أقسام المناخ البارد الجاف شتاء Dw	حرارة الصيف
Dfa	Dwa	حار
Dfb	Dwb	دافئ
Dfc	Dwc	مائل البرودة
Dfd	Dwd	بارد

أقسام المناخ Df (المطر طول العام)

١ - النوع Dfa (الحار صيفا) : توجد أكبر مناطقه في الولايات المتحدة بشكل مثلث رأسه عند بحيرة أيري وقاعدته عند خط طول ١٠٠° غربا . وتوجد منه مناطق أخرى صغيرة متفرقة في العالم مثل منطقة نهر الدونتر في الاتحاد السوفيتي ومنطقة بودابست في المجر وبعض المنحدرات المنخفضة لجبال وسط آسيا وأجزاء من جزيرة هونشو باليابان . وأجزاء صغيرة من جبال أطلس .

وهذا النوع متطرف في حرارته بسبب الفرق الكبير بين حرارة صيفه وبرودة شتائه ، ففيه يزيد المدى الحراري السنوي عن ٢٢ درجة ، وترتفع معدلات أشد أشهر الصيف حرارة عن ٢٢° م ، بينما تنخفض معدلات أشد شهور الشتاء برودة عن درجة التجمد .

وأما هذا النوع قليلة نسبياً ، وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٦٠ و ٩٠ سم ، وهي موزعة على جميع الأشهر ولكنها تزيد نسبياً في أواخر الربيع وأوائل الصيف ، وأمطار الصيف معظمها من نوع أمطار التصعيد أما أمطار الشتاء فمعظمها أمطار إعصارية بسبب الانخفاضات الجوية التي تكثُر في هذا الفصل . وكثيراً ما يؤدي ظهورها إلى حدوث عواصف ثلجية حيث يندفع الهواء القطبي

القارص مع حباتها الباردة . ونشهر هذه العواصف في تيمار أمريكا الشمالية باسم البليزارد Blizzard . ويشتهر هذا النوع في الولايات المتحدة كذلك بظهور بعض أعاصير الترنادو المدمرة ، فلا يكاد يمر عام دون أن تصاب مناطقها بأحد هذه الأعاصير التي يتعرض لها كذلك النوعان Cfa و Cfb . (راجع أرقام شيكاغو وبودابست) .

والحياة النباتية في مجملتها عبارة عن حشائش من نوع الاستبس ، كما تنمو بعض الغابات النفضية حيثما تتوفر المياه ، وخصوصا على جوانب الأنهار .

٢ - النوع Dfb (الدافئ صيفا) : الفرق الرئيسي بين هذا النوع والنوع السابق Dfa هو أن معدلاته الحرارية أقل نوعا ما سواء في الصيف أو في الشتاء ، ففي الصيف لا تزيد معدلات أشد الشهور حرارة في الغالب عن ١٦° م ، وفي الشتاء تنخفض المعدلات عن درجة التجمد لمدة تتراوح بين ثلاثة أشهر وخمسة ، وقد تنخفض في أبرد الشهور عن - ١٦° م أو أقل . وقد تهيئ النهايات الصغرى في بعض الأيام إلى - ٤٠° م . والمدى الحرارى السنوى مرتفع كما هو الحال في النوع Dfa .

ويوجد هذا النوع في نطاقين أحدهما في شمال الولايات المتحدة وجنوب كندا ، والثانى في شمال أوراسيا ، كما أنه يظهر كذلك على بعض الجبال المرتفعة إلى الجنوب من هذين النطاقين مثل جبال روكى والألب والبرانس والكربات وبعض جبال آسيا الصغرى والقوقاز ووسط آسيا ، كما توجد منه منطقة صغيرة في الجزيرة الجنوبية من جزر نيوزيلندة .

وتسقط الأمطار طول السنة في بعض المناطق مثل شمال شرق الولايات المتحدة وشرق كندا ، ولكنها تقل نوعا ما في نصف السنة الشتوى . وتباين كمياتها تباينا واضحا من مكان إلى آخر تبعاً لتباين ظروف الموقع والتضاريس ، وهى تتراوح على أى حال بين ٥٠ و ١٠٠ سم . وأغلب الأمطار من النوع الإعصارى ، وتسقط أمطار الشتاء غالبا بصورة ثلج ،

ويؤدي تراكمه في بعض الأماكن إلى تكوين طبقة ثلجية يتعطل بها سطح الأرض حوالى ستة أشهر . (راجع أرقام موسكو وهاليفاكس (كندا) .

والحياة النباتية تتباين من مكان إلى آخر بسبب تباين كمية المطر ودرجة الحرارة ، فمنها الغابات النفضية التي تنمو في الأماكن الأكثر دفئا ومطرا ، والغابات الصنوبرية أو المختلطة التي تنمو في الأماكن الأقل دفئا ومطرا . وفي المناطق الجافة نسيا تسود حشائش الاستبس .

٣ — النوع Dfc (المائل للبرودة صيفا) : يوجد هذا النوع في نطاقات أوسع بكثير من نطاقات أنواع المناخ البارد الأخرى ، ففي أمريكا الشمالية يمتد منه نطاق واسع بين سواحل ألابكا وسواحل كندا الشرقية . ويمتد من هذا النطاق ذراع نحو الجنوب فوق جبال روكى . وفي أوراسيا يمتد منه نطاق شاسع بين سواحل اسكنديناوة وخط طول ١٢١° شرقا . وبعد أن يختفى في قلب اليابس بين خطى طول ١٢١° و ١٦١° شرقا يعود للظهور مرة أخرى في جزيرة سخالين وشبه جزيرة كمتشكا . وينحصر هذا النطاق على وجه التقريب بين خطى عرض ٦٠° و ٧٠° شمالا ، ولكنه ينبعج نحو الجنوب في بعض الأماكن فوق الاقاليم الجبلية ، حتى أنه يصل عند أعالي نهر أوب إلى قرب خط عرض ٤٥° .

وهذا المناخ شديد البرودة ولكن يوجد به فصل صيف قصير يبلغ معدل أدفأ شهوره ١٠° م . والواقع أن كوبن يعتبر أن خط حرارة ١٠° لأدفاً الشهور هو الحد الشمالى لهذا المناخ . أما الشتاء فطويل وشديد البرودة وتنخفض معدلات معظم شهوره عن درجة التجمد . ويكون الانتقال بين الصيف القصير والشتاء الطويل فجائيا تقريبا . وتعرض أشهر الشتاء أحيانا للعواصف الثلجية المعروفة باسم البليزارد في أمريكا والبوراد في روسيا ، وقد تنخفض درجة الحرارة عند هبوبها إلى أقل من — ٤٠° مئوية . وتتغطى الأرض بالثلوج في معظم الشهور أو طول السنة ، بل وتكون التربة نفسها متجمدة حتى في المناطق التي ينصهر جليدها السطحي في الصيف . وقد يمتد

بمك طبقة التربة المتجمدة لبضع عشرات الأمتار تحت السطح ، ومثل هذه المناطق هي التي يطلق عليها علميا تعبير بيرمافروست Permafrost ، ومعناها الأرض المتجمدة على الدوام . وأن طول ساعات ظهور الشمس في صيف هذه العروض يمكن أن يعوض بعض النقص في الحرارة . حيث تساعد كثرة الضوء على سرعة نمو النباتات بحيث تستطيع أن تم حياتها ونضجها في فترة أقصر مما تحتاجه في العروض الأخرى . ويتراوح طول ساعات سطوع الشمس في الصيف بين ١٥ و ١٨ ساعة تبعا للفرق في خط العرض والأمطار أغلبها صيفية وتسقط بصورة ثلج . ويتراوح معدلاتها بين ٤٠ و ٦٠ سم في السنة . (راجع أرقام أركانجل) .

والحياة النباتية الطبيعية معظمها من الغابات الصنوبرية القصيرة التي يطلق عليها اسم التايغا . وهي تتناقص في كثافتها كلما اتجهنا شمالا نحو مناطق التندرا ، وتتميز بعض المناطق مثل شرق سيبيريا بنوع من الغابات الصنوبرية التي تنفض أوراقها في الشتاء بسبب شدة البرودة ، وهي تعرف أحيانا باسم « الغابات الصنوبرية النفضية »^(١) وتحتصر أعمال السكان في هذا المناخ في الصيد وقطع الأشجار وقليل من الزراعة .

٤ - النوع Dfd (البارد صيفا) : يشغل هذا النوع منطقتين صغيرتين في سيبيريا إحداهما إلى الغرب من نهر لينا والثانية إلى الشمال من شبه جزيرة كمتشكا . وهو نوع شديد البرودة بحيث تنخفض معدلات خمسة شهور في نصف السنة الشتوى عن - ١٨° م وينخفض معدل أشدها برودة عن - ٢٧° ، وهناك فصل صيف طوله حوالى ثلاثة أشهر ، وفيه يتراوح المعدلات بين ١٠° و ١٥° م . أما المعدل السنوى فيكون دائما دون درجة التجمد . والمدى الحرارى السنوى مرتفع جدا وقد يصل إلى حوالى ٥٥° م . ومعنى هذه الصفات أن هذا المناخ متطرف جدا وبالعكس القسوة ، أما المطر فقليل ويسقط كله تقريبا بصورة ثلج ، ويتراوح معدله بين ٢٥ و ٤٠ سم . وهو

(١) Koppe, E. C. and Long, G. C., « Weather and Climate » 1958, P. 289.

موزع على جميع الشهور ولكنه يزيد في الصيف عنه في الشتاء ، وأغلبه مطر
إعصاى . (راجع أرقام إيجاركا)

وأغلب الحياة النباتية الطبيعية عبارة عن أشجار صنوبرية نفضية ولكنها تتدرج
إلى التندرا تبعا لتناقص درجة الحرارة والمطر .

ب — أنواع المناخ Dw (الجاف شتاء) :

١ — النوع Dwa (الحار صيفا) : لا يوجد هذا النوع إلا في شرق آسيا
بين خطى عرض 36° و 47° حيث يضم معظم منشوريا وكوريا وشمال شرق
الصين . ويطلق عليه أحيانا اسم « مناخ منشوريا » . وهو نوع قارى شديد
الحرارة في الصيف وشديد البرودة في الشتاء . وقد يرتفع فيه معدل أشد
الشهور حرارة وهو شهر يوليو إلى 24° م ، وينخفض معدل أبرد الشهور
وهو يناير إلى -15° ، ومعنى ذلك أن المدى الحرارى يصل إلى 40° م .
ويرجع ارتفاع هذا المدى إلى شدة برودة الشتاء أكثر من رجوعه إلى شدة
حرارة الصيف .

والأمطار كلها تقريبا صيفية بسبب الرياح الموسمية ، وتتراوح معدلاتها
السوية بين ٥٠ و ٧٥ سم . أما الشتاء فجاف ولكن قد يسقط به قليل من
المطر عندما تصل بعض المنخفضات الجوية من ناحية الغرب . وأكثر الشهور
مطرا هو شهر يوليو ، ويزيد معدله عن عشرة أمثال أشد الشهور جفافا ،
وهذا شرط من الشروط التى وضعها كوبن لتحديد هذا النوع من المناخ .
(راجع أرقام مكدن) .

والحياة النباتية في جملتها من حشائش الاستبس ، وقد تنمو بعض الغابات
النفضية أو الصنوبرية في بعض الأماكن التى يزداد فيها المطر نسبيا .

٢ — النوع Dwb (الدافئ صيفا) : يقتصر وجود هذا النوع على شرق آسيا
حيث يشغل نطاقات واسعة تحاصر النوع الحار Dwa من الشمال والشرق

والغرب ، وذلك في غرب منشوريا وشمالها ، شمال شرق كوريا والركن الجنوبي الشرق للاتحاد السوفيتي ، يوتقل المعدلات الحرارية فيه عنها في النوع الحار نحو ثلاث أو أربع درجات مئوية ، ففي الصيف لا يرتفع المعدل غالبا في أى شهر عن 20°C ، و في الشتاء تنخفض المعدلات عن درجة التجمد الخمسة أشهر تقريبا . والمدى الحراري مرتفع جدا حتى أنه قد يزيد على 50 درجة في معظم المناطق .

والمطر قليل ، ويتراوح معدله السنوي بين 40 و 50 سم ، ويسقط كله تقريبا في الصيف بسبب الرياح الموسمية الصيفية . ولكن قد يسقط قليل من المطر في الشتاء بسبب وصول بعض المنخفضات الجوية من الغرب ، ويسقط أغلب المطر بصورة ثلج خصوصا في الشتاء . (راجع أرقام فلاديفوستوك) .

وتتكون الحياة النباتية في جملتها من حشائش الاستبس ، وتنمو بعض الغابات الصنوبرية والنفضية في المناطق ذات المطر الكثير نسبيا في الشرق . والشمال ، وهي ذات قيمة اقتصادية كبيرة .

٣ - النوع Dwc (المائل للبرودة صيفا) : يقتصر وجود هذا النوع أيضا على شرق آسيا ، وتمتد مناطقه إلى الشرق من بحيرة بايكال ، وتوجد أكبرها في غرب منشوريا وشرق سيبيريا ، وهو أقل حرارة من النوع السابق Dwb ، فصيفه قصير ومائل للبرودة ، ولا ترتفع معدلاته الحرارية في أى شهر من الشهور عن 16°C . وتنخفض النهايات الصغرى فيه إلى مادون درجة التجمد في أغلب الليالي . ومعظم شهور السنة الأخرى باردة ، وتنخفض معدلات سبعة أشهر منها إلى مادون درجة التجمد ، وتنخفض في ثلاثة منها إلى -18°C أو أقل ، وقد تنخفض النهايات الصغرى إلى أقل من -55°C ، وتشتد البرودة بصفة خاصة في المناطق الداخلية القريبة من بحيرة بايكال .

والأمطار قليلة ، وتتراوح معدلاتها السنوية بين 20 و 10 سم . ويسقط أغلبها في الصيف . وقد تغطي الأرض بالثلج في الشتاء . ولكن نظرا لقلّة المطر

وانخفاض رطوبة الهواء فان الغطاء الثلجى يكون غالبا رقيقا جدا ، وغالبا ماتزيج الرياح قبل تصلبه (راجع أرقام أوخوتسك) .

والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن غابات نفضية و صنوبرية نفضية أو صنوبرية دائمة الخضرة . وتوجد الأنخيرة بصفة خاصة على شواطئ بحيرة بايكال حيث تسقط هنا بعض الأمطار الشتوية .

٤ - النوع Dwd (البارد صيفا) : يقتصر وجود هذا النوع أيضا على شرق سيبيريا . وتقع كل مناطقه شمال خط عرض ٦٠° ، ولكنه لا يصل فى امتداده إلى المحيط المتجمد الشمالى إلا فى أماكن قليلة . وهذا فى الواقع هو أقسى أنواع المناخ المعروفة وأشدّها برودة ، ففيه تهبط درجة الحرارة فى بعض ليالى الشتاء إلى - ٧٠° م ، ويبلغ معدل درجة حرارة يناير - ٥٠° . بينما يرتفع معدل شهر يوليو إلى ١٥° م . والمدى الحرارى السنوى على هذا الأساس كبير جدا حيث يبلغ ٦٥° . وهذا الارتفاع الكبير يدل على مبلغ قسوة هذا المناخ وشدة قاربه . وباستثناء أشهر الصيف الأربعة (يونيو إلى سبتمبر) التى تزيد معدلاتها عن ١٠° م ، فان معدلات كل الأشهر الباقية تقريبا تقل عن درجة التجمد بل وتنخفض فى ثلاثة أشهر منها إلى - ١٨° ، أما المعدل السنوى فيكون دائما تحت درجة التجمد .

والأمطار قليلة جدا ويبلغ معدلها السنوى حوالى ١٣ سم ، ويسقط أغلبها فى الصيف (راجع أرقام فرخويانسك) .

والحياة النباتية فى الأجزاء الأشد برودة عبارة عن أعشاب من الأنواع التى تنمو فى مناخ التندرا ، ولكنها تتدرج نحو الجنوب . غابات صنوبرية قصيرة من نوع التايجا .

خامساً - المناخ القطبي (Polar or Arctic)

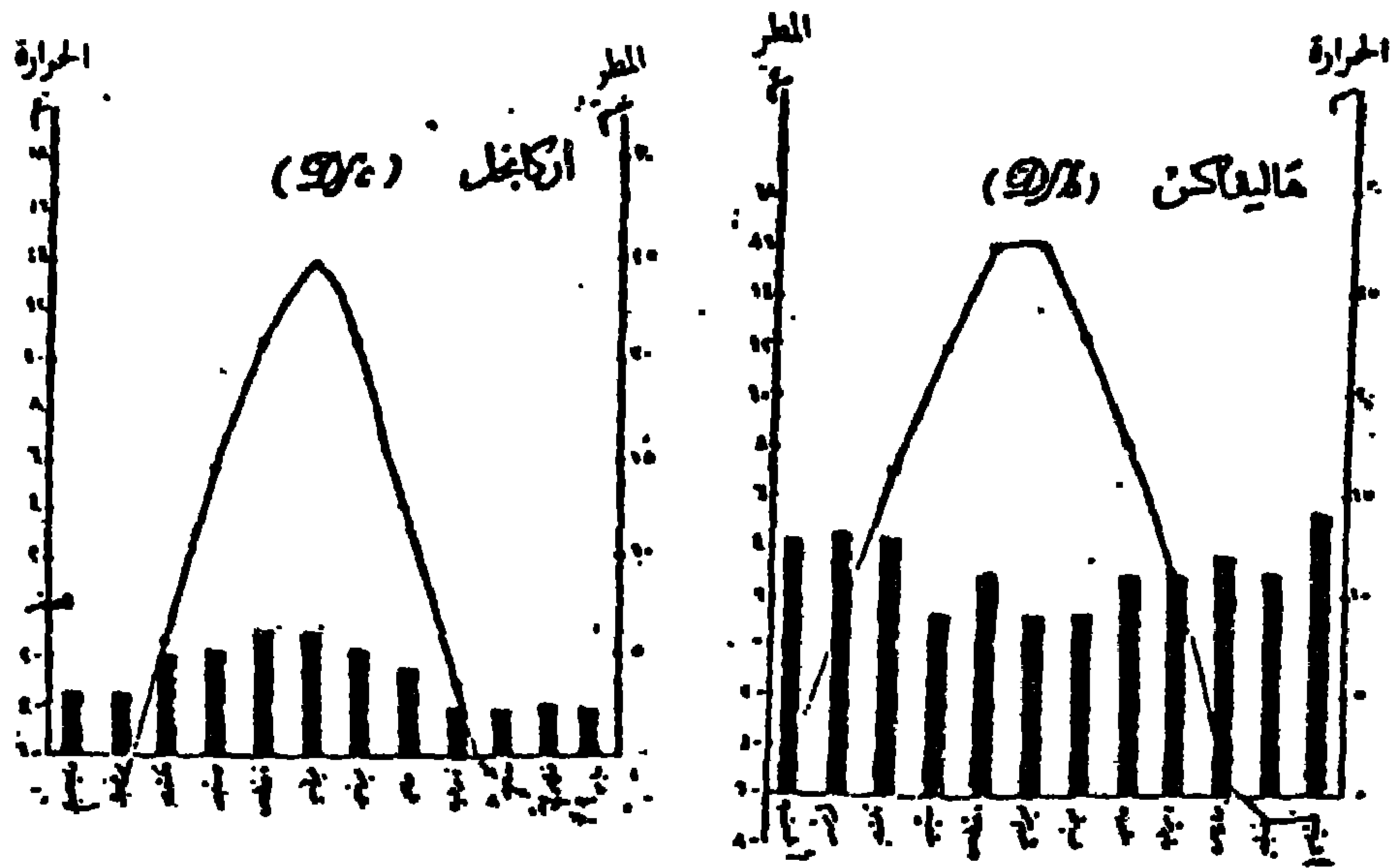
يشغل هذا المناخ نطاقات شاسعة في العروض العليا بين الدائرة القطبية والقطب ، ويتمشى حدها الجنوبي عموماً مع خط حرارة 10° م لادقاً الشهور ، لأن هذا الخط هو الحد الذى لا تنمو وراءه أى أشجار أو محاصيل زراعية .

وأما هذا المناخ قليلة جداً بسبب قلة بخار الماء الذى يحمله الهواء ، وهى تأتي غالباً في الصيف حيث تسقط بصورة ثلج . وتدخل ضمن هذا المناخ أيضاً بعض قمم الجبال العالية التى يغطها الجليد طول السنة أو معظمها في العروض المتوسطة . ويكون موسم المطر على هذه الجبال متفقاً مع موسم سقوطه في المناطق التى حولها .

ويمكن تقسيم المناخ القطبي على حسب درجة الحرارة إلى نوعين هما : (١) نوع التندرا ET وفيه يوجد شهر واحد معدله فوق درجة التجمد ولكنه أقل من 10° ، وفيه تنمو نباتات عشبية وطحالب فقيرة وقصيرة العمر . ويغطي هذا النوع مناطق واسعة في شمال أمريكا الشمالية وبعض سواحل جرينلاند وسواحل الجزر الواقعة في المحيط المتجمد الشمالى . وكذلك بعض الأجزاء الشاهقة من جبال روكى والإنديز والهمالايا والتبت . ويمكن أن نضم إلى هذا النوع بعض الأجزاء الصغيرة من السواحل الشمالية للقارة القطبية الجنوبية . ويرمز كوبن إلى المناخ القطبي الذى يسببه الارتفاع عن سطح البحر بالحرفين EH^(١) .

(٢) نوع الثلج الدائم EF «Icecap» . وفيه تنخفض المعدلات الحرارية لجميع الشهور عن درجة التجمد ، ويغطي سطح الأرض بطبقات سميكة من الجليد الذى تجمع فوقها خلال عشرات الآلاف من السنين ، وأهم مناطقها هى جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية .

(١) H هى الحرف الأول من كلمة Hoch الألمانية ومعناها مرتفع



شكل (٨٥) بارد طول العام مائل للبرودة صيفاً

شكل (٨٤) بارد ممطر طول العام دافئ صيفاً

١٠ - ٢ - ٢ - تقسيم أوستن ملر

اقترح أوستن ملر تقسيماً للمناخ لا يختلف في أسسه العامة عن التقسيم الذي اقترحه ديمارتون الفرنسي في سنة ١٩٢٥^(١) : والفرق الرئيسي بينهما هو أن ديمارتون يستخدم المعدل الحراري ٢٠° مئوية في تحديده للأقاليم الحارة والمعدل ١٠° في تحديده للفصل البارد في الأقاليم المعتدلة والباردة ، أما أوستن ملر فيستخدم المعدل ١٨° م في تحديده للأقاليم الحارة ١٠° دل ٦° مئوية في تحديده للفصل البارد في الأقاليم المعتدلة والباردة ولكنه ... عنه بل وعن معظم التقسيمات المناخية الأخرى بأنه يوضح العلاقة بين المناخ والحياة النباتية العامة بطريقة أكثر تحديداً وواقعية . فهو مثلاً يقسم الأنواع المناخية المختلفة التي

De Martonne, E., « Géographie. physique, » 1952
Miller, A. Austin, " Climatology " 1944 الطبعة النسخة

(١)

(٢)

تظهر في المناطق المعتدلة والباردة على أساس طول الفصل البارد أو الفصل الدافئ في كل منها . ورغم أن هذا الأساس هو نفس الأساس الذي اعتمد عليه معظم الباحثين الآخرين في تقسيماتهم فإن الحد الذي اقترحه أوستن ملر لهذه الفصول هو المتوسط الحراري 6°C ، وهو المتوسط الذي يعتبر في نظر كثير من الباحثين حداً أدنى لاتستطيع معظم النباتات أن تنمو في أقل منه . ويطلق عليه لهذا السبب اسم « صفر النمو » .

فالفصل الدافئ في نظر أوستن ملر إذن هو نفس الفصل الذي يطلق عليه اسم فصل النمو ، أما الفصل البارد فيتفق مع الفترة التي يتوقف أثناءها نمو معظم النباتات ، أي التي تنخفض معدلاتها الحرارية عن صفر النمو (6°C) .

وفضلاً عن ذلك فقد أهتم أوستن ملر في تقسيمه بالربط بين توزيع كل من الأمطار ودرجة الحرارة على أشهر وفصول السنة ، وذلك على اعتبار أن القيمة الفعلية للأمطار ليست متوقعة على مقدار ما يسقط منها فحسب بل إنها تتوقف كذلك على درجة حرارة الفصل الذي تسقط فيه وعلاقة ذلك بحياة النباتات ووقت نموها . وفيما يلي عرض مختصر للأنواع المناخية الرئيسية ، وسنعود لدراستها بشيء من التفصيل بعد إدخال بعض التعديلات عليها فيما بعد . ويلاحظ أن كل نوع من الأنواع التي يضمها التقسيم قد رمز له بحرف معين وأعطى له كذلك رقم معين ، وقد ميزت الأنواع التي لها نظام موسمي بالحرف (M) (Monsoon) الذي يمكن أن نستبدله بالحرف (م) . إلا أن الرموز التي تستخدم في هذا التقسيم ليست لها معان دقيقة محددة مثل الرموز التي استخدمها كوبن Koppen ، بل إنها تتخذ كما يذكر أوستن ملر نفسه كعلامات تقريبية ، وليس من الضروري التقيدها بما دام من الممكن استبدالها بغيرها .

A (أ) — مناخ حار لا يقل المتوسط السنوي لدرجة الحرارة فيه عن 18°C

م ، وهو يضم معظم الأقاليم الاستوائية والمدارية ويشمل الأنواع الآتية :

١ — نوع استوائي له قمتان للأمطار تتفقان مع فصلي الاعتدالين ، وهو

يظهر عادة في منطقة الركود الاستوائي ، وتسقط كل أمطاره بسبب التيارات الصاعدة .

١٠ م — نوع استوائي له نظام موسمي .

٢ — نوع مداري بحري أمطاره موزعة توزيعا منتظما تقريبا على جميع شهور السنة ، ويظهر على السواحل الشرقية للقارات في المناطق التي تتعرض طول السنة لهبوب الرياح التجارية التي تهب من ناحية البحر .

٢ م — نوع مداري بحري له نظام موسمي .

٣ — نوع مداري قاري أمطاره صيفية من نوع الأمطار الاستوائية ، وهي تسقط نتيجة لترجح منطقة الركود الاستوائي تبعا لحركة الشمس الظاهرية .

٣ م — نوع مداري قاري له نظام موسمي .

B (ب) — مناخ معتدل دافئ (أو شبه مداري) ليس به فصل بارد ، بمعنى أن معدل درجة الحرارة لا ينخفض فيه في أى شهر من الشهور عن ٦° م ، ويشمل الأنواع الآتية :

١ — نوع غرب القارات (مناخ البحر المتوسط) ويمتاز بأن أمطاره تسقط في الشتاء .

٢ — نوع شرق القارات وتسقط أمطاره طول العام .

٣ م — نوع شرق القارات الموسمي ويمتاز بأن أمطاره تبلغ قمته في فصل الصيف .

C (ج) — مناخ معتدل بارد ، يتميزه وجور بارد يتراوح طوله بين شهر واحد وخمسة أشهر ، ولا يرتفع المتوسط الشهري لدرجة الحرارة في أى شهر منها عن ٤٣° ف (٦° م) ويشمل الأنواع الآتية :

١ — نوع بحري أمطاره طول العام ولكن قد تكون لها قمة شتوية .

٢ — نوع قاري تسقط معظم أمطاره في فصل الصيف .



شكل (٨٦) تقسيم أوستين ملر للعالم إلى أقاليم مناخية

A — مناخ حار :
 Al — نوع استوائي له قسمان للإمطار
 Am — نوع استوائي له نظام موسمي
 A2 — نوع مداري بحري .
 A2m — نوع مداري بحري له نظام موسمي
 A3m — نوع مداري قاري له نظام موسمي
 B — مناخ معتدل دافئ :

B1 — نوع غرب القارات (بحر متوسط)
 B2 — نوع شرق القارات
 B2m — نوع شرق القارات الموسمي
 C — مناخ معتدل بارد :
 C1 — نوع بحري أمطاره طول العام
 C2 — نوع قاري أمطاره صيفية
 C3m — نوع قاري موسمي.

D — مناخ بارد :
 D1 — نوع بحري بمطر طول العام
 D2 — نوع قاري بمطر صيفا
 D3m — نوع قاري موسمي
 E — مناخ قطبي
 F — مناخ الصحاري
 G — مناخ الجبال

م٣ — نوع قارى موسمى أمطاره صيفية ولكنها أغزر منها فى النوع رقم (٢)
أى النوع القارى .

D — مناخ بارد يتميز بأن متوسط درجة الحرارة لايزيد فيه عن ٤٣° (٦°
م) فى ستة أشهر على الأقل ، ويلاحظ أن الأنواع التى يشملها هذا المناخ
تشابه فى تقسيمها مع الأنواع التى يشملها المناخ المعتدل البارد .

١ — نوع بحرى أمطاره طول العام ولكن قد تكون لها قمة شتوية .

٢ — نوع قارى تسقط معظم أمطاره فى الصيف .

م٣ — نوع قارى موسمى أمطاره صيفية ولكنها أغزر منها فى النوع رقم (٢)
أى النوع القارى .

E. (هـ) — مناخ قطبى يمتاز ببرودته طول العام بحيث لايزيد المتوسط
الحرارى عن ٤٣° فى تسعة أشهر على الأقل ، وربما تغطى الأرض بالجليد
طول السنة .

F (و) — مناخ الصحارى ، وفيه يجب ألا يزيد متوسط كمية الأمطار
السنوية على ١٠ بوصات (٢٥,٤ سنتيمترا) ويشمل النوعين الآتين :—
١. — نوع الصحارى الحارة ، وفيه لاينخفض متوسط درجة الحرارة فى أى
شهر من الشهور عن ٤٣° ف .

٢ — نوع الصحارى الباردة وفيه يجب أن يوجد فصل بارد لا يقل طوله عن
شهر واحد وتكون درجة الحرارة أثناء ٤٣° ف أنه أقل .

G (ز) — مناخ الجبال .

١٠ - ٢ - ٣ خلاصة التقسيمات المناخية العامة

في ضوء العرض السابق لتقسيمي كوبن وأوستن ملر يمكننا أن نقسم العالم تقسيما مناخيا يتمشى في نظامه العام مع تقسيم أوستن ملر ، ولكنه يختلف عنه من بعض الوجوه ، فبينما يقسم أوستن ملر الصحارى إلى نوعين رئيسين فقط هما الصحارى الحارة والصحارى الباردة فقد رأينا أن نقسمها إلى ثلاثة أنواع ، هي الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة والصحارى الباردة .

وبينما يحدد أوستن ملر المناخ الصحراوي عموما بأنه هو المناخ الذي لا تزيد فيه كمية أمطاره السنوية عن عشر بوصات (٢٥,٤ سنتيمترا) فقد رأينا ، أن نحدد هذا النوع من المناخ على أساس القيمة الفعلية للأمطار ، لا على أساس كمية ما يسقط منها فقط بسبب اختلاف هذه القيمة اختلافا كبيرا في الأقاليم الحارة عموما عنها في الأقاليم المعتدلة أو الباردة ، وقد استخدمنا لذلك معامل الجفاف الذي اقترعناه ونشرناه لأول مرة في سنة ١٩٥٤ ، وملخصه هو أن الصحارى تظهر إذا كانت كمية الأمطار أقل من درجة الحرارة بالدرجات المئوية مضافا إليها معامل ثابت هو ٩ ، وعلى هذا الأساس يكون الحد بين الصحارى ومناطق الحشائش هو $م = ح + ٩$

وبينما يدخل أوستن ملر مناطق الجبال والمرتفعات في جميع العروض ضمن نوع مناخى واحد فقد فضلنا أن نعالجها في تقسيمنا ضمن النطاقات العلمية التي توجد فيها لأن ذلك يفيدنا في توضيح أثر العوامل المحلية في تنوع المناخ داخل النطاق الواحد ، خصوصا وأن أنواع المناخ التي تتمثل على جوانب الجبال وكذلك الأنواع النباتية التي تصاحبها ليست متشابهة تماما في جميع العروض .

وهكذا فإن التقسيم الذي نقترحه وسنسير عليه في دراستنا القادمة للمناخ العالم يتلخص فيما يلي :

أولاً — الأقاليم الحارة : وفيها لا ينخفض المعدل الشهري لدرجة الحرارة في أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية (إلا في المناطق الجبلية) وهى تضم الأقاليم الآتية :

« أ » الأقاليم الاستوائية ، وهى ممطرة طول العام بسبب التيارات الصاعدة .

« ب » الأقاليم المدارية ، وتشمل :

١ — أقاليم مدارية قارية ممطرة صيفا بسبب التيارات الصاعدة (نوع السودان) .

٢ — أقاليم مدارية بحرية مطرها طول العام بسبب الرياح التجارية (نوع موزمبيق) .

« ج » الأقاليم الموسمية وتشمل :

١ — الأقاليم الموسمية الاستوائية وهى ممطرة طول العام بسبب التيارات الصاعدة والرياح الموسمية « نوع إندونيسيا » .

٢ — الأقاليم الموسمية المدارية وهى ممطرة صيفاً « نوع الهند » . وبعضها ممطر شتاء كذلك بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل الفلبين .

« د » مناخ الجبال في الأقاليم الحارة .

ثانياً — الأقاليم المعتدلة الدافئة : وفيها لا تقل درجة الحرارة في أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية ، وتشمل :

« أ » الأقاليم المعتدلة الدافئة في غرب القارات ، وهى ممطرة شتاء بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية « نوع البحر المتوسط » . وبعضها ممطر طول العام مثل سواحل البرتغال .

« ب » الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات ، وهى ممطرة طول العام بسبب الرياح التجارية في فصل الصيف والمنخفضات الجوية في فصل الشتاء « نوع ناثال » .

« ج » الأقاليم الموسمية المعتدلة الدافئة ، وهى ممطرة صيفاً بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وبعضها ممطر كذلك فى الشتاء بسبب المنخفضات الجوية مثل وسط الصين أو بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل تايوان والجزر القريبة منها « نوع وسط الصين » .

ثالثاً — الأقاليم المعتدلة الباردة ، وفيها ينخفض المعدل الشهرى لدرجة الحرارة فى فصل الشتاء عن ٦° مئوية « صفر التجمد » ، وتشمل :

« أ » الأقاليم المعتدلة الباردة فى غرب القارات ، وهى ممطرة طول العام بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية « نوع غرب أوروبا » .

« ب » الأقاليم المعتدلة الباردة القارية فى وسط القارات ، وهى ممطرة فى فصل الصيف والرياح بسبب التيارات الصاعدة والمنخفضات الجوية « نوع شرق أوروبا » .

« ج » الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية ، وهى ممطرة صيفاً بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وبعضها ممطر شتاء بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل جزر اليابان أو بسبب المنخفضات الجوية مثل شمال الصين « نوع كوريا وشمال الصين » .

رابعاً — الأقاليم الباردة ، وفيها ينخفض معدل درجة الحرارة فى بعض أشهر فصل الشتاء عن درجة التجمد ، وتشمل :

« أ » الأقاليم الباردة فى شمال غرب أوروبا وشمال غرب أمريكا الشمالية . وهى ممطرة طول العام بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية « نوع النرويج » .

« ب » الأقاليم الباردة القارية فى وسط شمال أوراسيا وشمال أمريكا الشمالية . وهى ممطرة صيفاً (نوع سيبيريا) .

« ج » الأقاليم الباردة الموسمية فى شمال شرق أوراسيا وشمال شرق أمريكا

الشمالية ، وهي ممطرة صيفاً بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وقد تمطر بعض جهاتها شتاء بسبب المنخفضات الجوية « نوع منشوريا » .

خامساً - الأقاليم القطبية ، وفيها ينخفض معدل درجة الحرارة في معظم شهور السنة عن درجة التجمد ، وقد يرتفع في بعض أشهر الصيف إلى ٦° مئوية أو أكثر قليلاً ، وهي تشمل :

« أ » أقاليم التندرا في شمال أوراسيا وشمال كندا .

« ب » أقاليم الثلج الدائم . « نوع وسط جرينلاند » .

سادساً - الأقاليم الصحراوية : ويحددها معامل الجفاف $M = H + 9$ (م) هي كمية المطر بالمليمترات و H هي معدل درجة الحرارة بالدرجات المئوية) ، فهي بعبارة أخرى الأقاليم التي تقل فيها كمية المطر بالاستيمترات عن درجة الحرارة بالدرجات المئوية مضافاً إليها معامل ثابت هو ٩ ، ويمكننا أن نقسمها على أساس المعدلات الحرارية إلى الأقسام الآتية :

« أ » الصحارى الحارة ، وفيها لا ينخفض المعدل الحرارى في أى شهر من شهور السنة عن ١٣° مئوية « ٥٥,٤° ف » « نوع الصحراء الكبرى » .

« ب » الصحارى المعتدلة ، وفيها لا ينخفض المعدل في أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية (صفر التجمد) . « نوع بادية الشام » .

« ج » الصحارى الباردة ، وفيها ينخفض المعدل في بعض أشهر الشتاء إلى مادون درجة التجمد . « نوع وسط آسيا » .

مناخ العالم

حسب خلاصة التقسيمات المناخية العامة

- ١١ - ١ - الأقاليم الحارة .
- ١١ - ١ - ١ - الأقاليم الاستوائية
- ١١ - ١ - ٢ - الأقاليم المدارية .
- ١١ - ١ - ٣ - الأقاليم الموسمية الحارة
- ١١ - ١ - ٤ - مناخ الجبال في الأقاليم الحارة .
- ١١ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الدافئة .
- ١١ - ٢ - ١ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في غرب القارات
(نوع البحر المتوسط)
- ١١ - ٢ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات .
- ١١ - ٢ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية
- ١١ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الباردة .
- ١١ - ٣ - ١ - الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية
(نوع غرب أوروبا)
- ١١ - ٣ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الباردة القارية .
- ١١ - ٣ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية .
- ١١ - ٤ - الأقاليم الباردة .
- ١١ - ٤ - ١ - الأقاليم الباردة البحرية .

- ١١ - ٤ - ٢ - الأقاليم الباردة القارية.
- ١١ - ٤ - ٣ - الأقاليم الباردة الموسمية.
- ١١ - ٥ - الأقاليم القطبية .
- ١١ - ٦ - الأقاليم الصحراوية.
- ١١ - ٦ - ١-الصحارى الحارة .
- ١١ - ٦ - ٢-الصحارى المعتدلة ..
- ١١ - ٦ - ٣-الصحارى الباردة .

مناخ العالم حسب خلاصة التقسيمات المناخية العامة

١١ - ١ - الأقاليم الحارة

تحديدها :

المقصود بالأقاليم الحارة على حسب أغلب التقسيمات المناخية هو الأقاليم التي لا ينخفض معدل درجة الحرارة فيها في أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية ، وهى تشغل نطاقا عظيم الاتساع حول خط الاستواء تقدر مساحته بأكثر من نصف مساحة سطح الكرة الأرضية كلها ، وإن كنا نلاحظ أن القسم الأكبر من هذه الأقاليم عبارة عن مسطحات مائية مكونة من نطاقات عظيمة من المحيطات الثلاثة .

وهذا النوع من المناخ أكثر انتشارا في نصف الكرة الشمالى منه في نصفها الجنوبى، ويرجع ذلك، كما هو واضح، إلى أن اليابس في النصف الشمالى أعظم اتساعا بكثير منه في النصف الجنوبى . وليس من شك في أن نصيب القارة الإفريقية منه أكبر من نصيب أية قارة أخرى ، فهو يشغل أكثر من ثلاثة أرباع القارة ، ولا تخلو منه إلا مناطق محدودة في أطرافها الشمالية والجنوبية .

وعلى الرغم من أن نطاق الأقاليم الحارة يتميز عموما بارتفاع درجة حرارته طول السنة فيجب أن نلاحظ أن نظام سقوط الأمطار ليس واحدا في جميع أجزائه ، كما نلاحظ أن الجبال المرتفعة الموجودة في بعض جهاته تتميز بظروف مناخية خاصة تجعل من الممكن وضعها ضمن نوع مناخى خاص ، وفيما يلى وصف لأهم الأقاليم التى يضمها النطاق الحار وتوزيعها على سطح الكرة الأرضية .

١١ - ١ - ١ - الأقاليم الاستوائية

صفات العامة ::

- ١ - تتنحصر أهم الصفات المناخية التي تتميز بها هذه الأقاليم فيما نلى .
ارتفاع درجة الحرارة طول العام بحيث يندر أن يخفض معدلها في أى شهر من الشهر عن 18° مئوية .
- ٢ - صغر المدى الحرارى السنوى بحيث لايزيد في متوسطه عن ثلاث درجات مئوية ($5,4^{\circ}$ ف) وكذلك صغر المدى اليومى الذى لايزيد غالبا عن تسع درجات مئوية ($16,2^{\circ}$ ف) .
- ٣ - انخفاض الضغط الجوى وهدوء الرياح أو سكونها في معظم الأحيان حيث أن هذه الأقاليم تقع عموما في نطاق الركود الاستوائى .
- ٤ - ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو بسبب كثرة المسطحات المائية مع شدة الحرارة التي تساعد الهواء على حمل مقادير عظيمة من بخار الماء ، ويلاحظ أن اجتماع الحرارة والرطوبة الشديتين مع سكون الهواء هو الذى يجعل مناخ هذه الأقاليم ثقيلًا لايعتد على النشاط والعمل .
- ٥ - غزارة الأمطار طول السنة مع ظهور قمتين لها في فصلى الربيع والخريف وهي في جملتها من نوع أمطار التيارات الصاعدة .

درجة الحرارة :

من المعروف أن الشمس تتعامد على خط الاستواء مرتين في السنة ، كما أنها لا تميل عنه في أى وقت من الأوقات عند ترحلها الظاهري نحو الشمال أو نحو الجنوب بأكثر من $23,5^{\circ}$ من درجات العرض ، ولهذا السبب نجد أن المتوسط السنوى لدرجة الحرارة في المنطقة الاستوائية بصفة عامة أعلى منه في أى منطقة أخرى فوق سطح الأرض ، ولكن يجب ألا تفهم من هذا أن النطاق الاستوائى هو أشد بقاع العالم حرارة في جميع الفصول دون استثناء ، حيث أن

بعض الأقاليم المدارية التي تمتد إلى الشمال وإلى الجنوب منه مباشرة
تمتاز بأن صيفها شديد الحرارة جداً وخصوصاً في داخل اليابس . حتى أنها
كثيراً ما تكون في هذا الفصل أشد حرارة من الأقاليم الاستوائية ، وترجع هذه
الظاهرة إلى عاملين رئيسيين هما :

أولاً : أن طول النهار يزداد في فصل الصيف كلما بعدنا عن خط
الاستواء ، فعند المدارين مثلاً يبلغ طول النهار حوالي ١٣,٥ ساعة في يوم ٢١
يونيو ، أما عند خط الاستواء فلا يزيد طول النهار ولا ينقص بشكل ملموس
عن ١٢ ساعة في جميع أيام السنة تقريباً ، ولهذا فإن ماتكسبه الأرض من
حرارة الشمس في ساعات النهار أثناء اليوم الواحد من أيام الصيف عند خط
عرض ٣٠° مثلاً يفوق ماتكسبه عند خط الاستواء أثناء النهار أيضاً في أى يوم
من أيام السنة .

ثانياً : أن ظروف المنطقة الاستوائية بما يغطي سطح الأرض فيها من غابات
كثيفة ومسطحات مائية كثيرة وما يسقط بها من أمطار غزيرة مع كثرة السحب
التي تحجب أشعة الشمس فترة من النهار كلها تقلل نوعاً ما من فعل هذه
الأشعة في رفع درجة الحرارة .

وعندما نقارن المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة عند خط الاستواء
بعضها ببعض نلاحظ أن مدى التغير السنوي لدرجة الحرارة صغير جداً فهو
لا يزيد في المتوسط عن ٣ درجات مئوية بل إنه يقل عن ذلك كثيراً في المناطق
الساحلية وخصوصاً في الجزر التي تخضع للمؤثرات البحرية ، كما هي الحال في
الجزر الكثيرة المتناثرة حول خط الاستواء في المحيط الهادى ، ففى معظم هذه
الجزر يغلب ألا يزيد الفرق بين أشد الشهور حرارة وأقلها حرارة على بدرجة
واحدة .

أما المدى اليومي لدرجة الحرارة فإنه منخفض كذلك ولكنه يعتبر مرتفعاً إذا
ماقورن بالمدى السنوى لها فهو يتراوح في متوسطه حول ٨° درجات مئوية ،
راجع الجدول رقم (١٥) .

جدول رقم (١٥)

المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة (بالدرجات المئوية) ومدى التغير السنوي في بعض محطات الأقاليم الاستوائية ، وفيما يأتي بيان مواقعها بالنسبة لخطوط الطول والعرض وارتفاعاتها بالنسبة لمسوب سطح البحر .

- ١ — ستافورة — ١° شمالاً و ١٠٤° شرقاً ، ٣ أمتار .
- ٢ — زنجبار — ٦° جنوباً و ٣٩° شرقاً ، ١٧ متراً .
- ٣ — دوالا Duala (النمرود) — ٤° جنوباً و ١٠° شرقاً ، ٨ أمتار
- ٤ — مناوس (البرازيل) — ٣° جنوباً و ٦٠° غرباً ، ٤٤ متراً .
- ٥ — جورجيتون (جيانا البريطانية) — ٧° شمالاً و ٥٨° شرقاً ، متران .
- ٦ — عتبة (أوغندا) — خط الاستواء و ٣٢٠° شرقاً ، ٨٣ متراً .
- ٧ — كيتو Quito (إكوادور) — خط الاستواء و ٧٩° غرباً ، ٢٨٥٠ متراً .

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ —	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٦,٦	١,١
٢ —	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٧,٢	٢٦,١	٢٥,٥	٢٥	٢٥	٢٥,٥	٢٦,١	٢٧,٢	٢٨,٣	٣,٣
٣ —	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,١	٢٦,١	٢٥	٢٣,٨	٢٣,٨	٢٤,٤	٢٤,٤	٢٥,٥	٢٦,١	٢,٨
٤ —	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٧	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٧,٧	٢٧,٢	١,٧
٥ —	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٧	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٧,٧	٢٧,٢	٢,٢
٦ —	٢١,٦	٢١,٦	٢١,٦	٢١,١	٢١,١	٢٠,٥	٢٠,٥	٢٠,٥	٢٠,٥	٢١,١	٢١,١	٢١,١	١,١
٧ —	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١,٥

ومما تجدر الإشارة إليه أن السكان الوطنيين في الأقاليم الاستوائية قد يجدون من الصعب عليهم أن يتحملوا هذا الفرق اليومي في درجة الحرارة على الرغم من أنه صغير في حد ذاته ، وكثيراً ما يضطر هؤلاء السكان لأن يوقدوا النار للتدفئة أثناء الليل إذا ما هبطت درجة الحرارة إلى أقل من ٢٠° مئوية، ويرجع هذا بصفة خاصة إلى ضعف مقدرتهم على الاحتمال بسبب معيشتهم في مناخ لا تتغير مظاهره كثيراً من فصل إلى آخر أو من يوم إلى آخر .

والواقع أن الأقاليم الاستوائية بما يميزها من حرارة شديدة ورطوبة عالية طول السنة تعتبر من أقل بقاع العالم صلاحية لحياة الإنسان ، ولبذل الجهود الذهني والبدني .

الأمطار :

تعتبر الأقاليم الاستوائية من أغزر بقاع العالم أمطارا ، ويتراوح متوسط مايسقط بها سنويا ما بين ١٥٠ و ٢٠٠ سنتيمتر ، ولكنه قد يزيد عن ذلك كثيراً في بعض المناطق بحيث يصل أحيانا إلى أكثر من ٥٠٠ سنتيمتر . والأمطار التي تسقط في هذه الأقاليم معظمها من نوع أمطار التيارات الصاعدة وهي تتبع في سقوطها غالبا نظاما مألوفاً يتكرر كل يوم تقريبا ، فهي تسقط عادة بعد الظهر ويكون سقوطها بغزارة شديدة بسبب ما يحمله الهواء من كميات عظيمة من بخار الماء فإذا ما ارتفع هذا الهواء تكثف البخار وسقطت الأمطار التي تكون عادة مصحوبة ببرق ورعد .

ويرتبط نظام الأمطار هذا على وجه الخصوص بالنظام اليومي لدرجة الحرارة وما يترتب عليه من نشاط في صعود التيارات الهوائية . فقبل شروق الشمس مباشرة تكون الأرض مغطاة بطبقة من الضباب الذي يتكون بسبب برودة سطح الأرض أثناء الليل إلا أن هذا الضباب لا يلبث أن ينقشع بعد شروق الشمس بقليل ، وتأخذ درجة الحرارة في الارتفاع بسرعة ويتبع ذلك تزايد في نشاط التيارات الهوائية الصاعدة . وحوالي الظهر يكون هذا النشاط قد بلغ أشده ويتبعه تكون سحب ركامية عظيمة السمك (Cumulus) ثم تنهمر الأمطار بغزارة متناهية ، وعند الغروب تصفو السماء من جديد حتى الصباح وهكذا .

ويمتاز المناخ الاستوائي عادة بأن أمطاره لها قمتان تظهران في الأشهر التي تعقب تعامد الشمس على خط الاستواء مباشرة ولهذا فإن إحدى القمتين تظهر في أبريل بينما تظهر الأخرى في نوفمبر ، ولكن لا يشترط أن تكون القمتان دائما متساويتين لأننا كثيرا ما نلاحظ أن إحدى القمتين تكون أكثر وضوحا من القمة الأخرى ، فمثلا إذا نظرنا إلى توزيع الأمطار في بلدة عنتبة التي تقع على خط الاستواء نفسه نجد أن القمة التي تظهر في الربيع أوضح بكثير من القمة التي تقع في الخريف . فبينما نجد أن مجموع مايسقط في أشهر

الربيع (مارس — أبريل — مايو) يلع ٦٥ سنتيمترا نجد أن مايسقط في أشهر الخريف (سبتمبر — أكتوبر — نوفمبر) يبلغ حوالى ٣٥ سنتيمترا فقط .

وكما هى الحال فى بقية الأقاليم الحارة نلاحظ أن المناخ الاستوائى أوسع انتشارا فى شمال خط الاستواء منه فى جنوبه . فهو يشمل على وجه الإجمال نطاقا يمتد ما بين خطى عرض ٣° جنوبا و ٨° شمالا ، ولكنه يتزحزح نحو الشمال فى فصل الصيف بحيث يصل أحيانا إلى خط عرض ١٨° ، ونحو الجنوب فى فصل الشتاء (الشمالى) بحيث يمتد أحيانا إلى خط عرض ١٠° جنوبا .

وإلى جانب أمطار التيارات الصاعدة التى تشتهر بها الأقاليم الاستوائية بصفة عامة تتميز بعض المناطق المرتفعة من هذه الأقاليم بسقوط مقادير كبيرة من أمطار التضاريس التى تكثر بصفة خاصة على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح المحملة ببخار الماء ، ففى إفريقية مثلا تسقط مقادير كبيرة من هذه الأمطار على المنحدرات الغربية لجبال الكمرون بسبب الرياح الجنوبية الغربية الممطرة التى تهب من ناحية المحيط الأطلسى ، وتبلغ كمية المطر التى تسقط سنويا على هذه المنحدرات أكثر من عشرة أمتار مقابل ١٥٠ سنتيمترا فقط على المنحدرات الشرقية لهذه الجبال ، وتسقط كذلك كثير من أمطار التضاريس على المنحدرات الشرقية لهضبة إفريقية الشرقية الاستوائية نتيجة لهبوب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية التى تأتى من المحيط الهندى .

وتتكرر هذه الظاهرة فى أمريكا الجنوبية حيث تسقط مقادير كبيرة من أمطار التضاريس على المنحدرات الشرقية لجبال الإنديز (فى إكوادور وكولومبيا) نتيجة لتصادم الرياح التجارية الآتية من الشرق بهذه المنحدرات بينما تكون الهضاب المحصورة بين سلاسل الجبال قليلة الأمطار بصفة عامة . وإذا انتقلنا إلى الجزر الاندونيسية نلاحظ أن أمطار التضاريس هى التى تسود فى معظم هذه الجزر وذلك نتيجة لوقوعها فى مهب الرياح الموسمية الشمالية فى الشتاء والموسمية الجنوبية فى الصيف :

أما الأمطار الإعصارية فقل أن تظهر في الأقاليم الاستوائية إلا في غرب إفريقيا على ساحل غانة ، فهذا الساحل يتعرض لظهور نوع من الأعاصير المدارية يعرف في هذه المنطقة باسم الترنادو^(١) وهذه الأعاصير تنشأ في منطقة التقاء الرياح التجارية الشمالية الشرقية بالرياح التجارية الجنوبية الشرقية التي تعبر خط الاستواء وتصبح جنوبية غربية ، وهي تحدث في أى وقت من السنة ويصحبها دائما هطول أمطار غزيرة جداً .

وهكذا نرى أن الظروف المحلية لها دخل كبير في تحديد نوع الأمطار وكميتها وتوزيعها على أشهر وفصول السنة مما يجعل لكل إقليم من الأقاليم التي يضمها النطاق الاستوائى مميزات خاصة به ، فبعض الأقاليم أغزر أمطاراً من غيرها وفي معظمها توجد قمتان للأمطار ، إلا أن بعضها قد تظهر فيه قمة واحدة ، كما أنه قد يوجد خلاف بين هذه الأقاليم بعضها وبعض في ميعاد ظهور قمة الأمطار أو قمتيها : ويلاحظ أن مثل هذه الاختلافات ليست واضحة في درجة الحرارة بمعنى أن جميع الأقاليم الاستوائية تقريبا ، ماعدا الجبال والهضاب المرتفعة، تشترك في شدة حرارتها وفي توزيع معدلاتها توزيعا منتظما على أشهر السنة ، ولهذا فإن الأمطار تعتبر العنصر المناخى الرئيسى الذى يمكن على أساسه تمييز الأقاليم التي يشملها المناخ الاستوائى بعضها عن بعض ، وينطبق هذا كذلك على الأقاليم الحارة الأخرى .

الحياة النباتية :

كان من نتيجة اجتماع الحرارة الشديدة والأمطار الغزيرة طول السنة في الأقاليم الاستوائية أن ظهرت غابات كثيفة متعددة الفصائل والأنواع تحتوى على أشجار عظيمة الارتفاع تتشابك أغصانها بدرجة لا تسمح بوصول الضوء إلى أرض الغابة الذى ترتفع فوقه جذوع عظيمة السمك خالية من الأوراق ولكنها محاطة بأمراس ضخمة من نباتات متسلقة تحاول دائما أن ترتفع إلى أعلى لتصل إلى ضوء الشمس ، ومعظمها يحمل أزهارا كثيرة تظهر بألوانها الزاهية

(١) هذا الترنادو يختلف عن الترنادو العنيف الذى يتعرض له بعض الأقاليم المعتدلة .

الجدول رقم (١٦)

المعدلات الشهرية والسنوية للأمطار بالسنتيمترات
في بعض المحطات الواقعة في النطاق الاستوائي وهي :

- ١ — سنغافورة — ١° شمالاً و ١٠٤° شرقاً ، ٣ أمتار فوق سطح البحر .
- ٢ — دوالا — ٤° شمالاً و ١٠° شرقاً ، ٧ أمتار فوق سطح البحر .
- ٣ — بوجوتا — ٥° شمالاً و ٧٤° غرباً ، ٢٦٦١ متراً فوق سطح البحر .

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
٢٥	١٧	١٩	١٩	١٧	١٧	١٧	٢٠	١٧	٢٠	٢٥	٢٧	٢٤٠
٥	١٠	٢٠	٢٢	٢٠	٥٤	٧٤	٦٩	٥٣	٤٣	١٦	٧	٤٠٣
١٠	٩	١١	٢٤	١٦	٨	٧	٨	٧	٢١	٢٤	١٤	١٥٩

المتباينة وسط هذه الطبقة الكثيفة من الأغصان المتشابكة ، أما أرض الغابة ،
بين جنوع الأشجار ، فتكسوها أعشاب ونباتات خضراء عريضة الأوراق
يحمل الكثير منها أزهاراً جميلة .

وبينما نجد أن باطن الغابة المظلم ذا الجو الخانق خال من الحياة الحيوانية تقريباً
بحيث لا تسمع فيه أية حركة لقلعة ما يمكن أن يعيش فيه من الحيوانات نجد أن
أعلى الأشجار يروج بأنواع متعددة من الحشرات وضفادع الأشجار والسحالي
وثعابين الأشجار والطيور والقردة إلى غير ذلك ، ومعظم هذه الأنواع تقضى
حياتها دون أن تلمس الأرض تقريباً ، وكثير منها يمتاز بألوانه الجميلة الزاهية
التي لا تختلف كثيراً عن ألوان الأوراق والأزهار التي من حولها مما يجعل من
الصعب تمييزها وسط هذه الأوراق ويجعل من السهل عليها الاختفاء من
أعدائها .

ونظراً لأن الحرارة والأمطار متوفران طول السنة فليس هناك مجال لتوقف
الإنبات والإزهار، ولهذا فإن النباتات كلها تقريباً من الأنواع دائمة الخضرة .
ومثل هذا النوع من المناخ ، ولو أنه يساعد على سرعة النمو إلا أنه يعرقل في
كثير من الأحيان التوسع في زراعة كثير من الحبوب الغذائية ، لأن معظم

محاصيل الحبوب يلزم لها فصل جاف نسبياً قبل الحصاد لكي تتم نموها وتنضج حبوبها ، وقد أمكن مع ذلك جعل أوقات الحصاد بالنسبة لبعض المحصولات الاستوائية مثل المطاط متفقة مع أقل فصول السنة مطراً ، وعلى هذا الأساس نجد أن موسم جمع المطاط مثلاً يبدأ في القسم الشمالى من حوض الأمزون في أغسطس وينتهى في فبراير بينما يبدأ في القسم الجنوبي حوالى شهر مايو ويستمر حتى أكتوبر .

وأنواع الأشجار التى تنمو فى الغابات الاستوائية متعددة جداً وكثير منها له قيمة اقتصادية كبيرة إما لأخشابه أو لثماره أو لما يستخرج منه من مواد أولية ، ويعتبر الماهوجنى (الكابلى) mahogany والأبنوس من أهم أنواع الأخشاب التى يمكن الحصول عليها من الغابات الاستوائية التى توجد بها فضلاً عن ذلك أنواع أخرى من الأشجار المهمة ذات القيمة الاقتصادية مثل أشجار المطاط والموز والكينا واللبنان والتاين والكافور .

ولكن يلاحظ أن استغلال هذه الأنواع تقف دونه عقبات متعددة مما جعل المهتمين بها يفضلون إزالة الغابات الطبيعية لإحلال غابات زراعية محلها، إلا أن عملية إزالة الغابات نفسها تعتبر من العمليات الشاقة عظيمة التكاليف ، ويرجع هذا إلى عظم كثافة الغابات وصلابة أخشابها ، وخصوصاً إذا لاحظنا أن غزارة الأمطار طول السنة تجعل من الصعب الاستعانة على إزالة الغابات بواسطة إشعال النيران فيها ، وهى الطريقة المتبعة فى كثير من جهات العالم الأخرى التى تمتاز بوجود فصل جاف تنقطع فيه الأمطار .

وهناك أسباب أخرى تجعل من الصعب جداً استغلال الأشجار المهمة، من أهمها صعوبة المواصلات داخل الغابة بحيث يصعب اختراقها ثم انتشار الحشرات التى تسبب بعض الأمراض المهلكة ومن أشهرها مرض النوم الذى تسببه ذبابة « تسي تسي » وذلك فضلاً عن تعدد فصائل النباتات والأشجار فى الغابة واختلاطها بدرجة كبيرة جداً حتى أن العثور على شجرة واحدة من

أشجار المطاط أو الكاكاو الطبيعية مثلاً قد يتطلب البحث عنها في مساحة واسعة جداً من الغابة ، وربما كان هذا هو أهم الأسباب التي جعلت التفكير يتجه إلى إزالة الغابات الطبيعية وغرس أشجار معينة مثل المطاط أو الموز أو الكاكاو محلها ، فقد أمكن مثلاً إقامة مزارع واسعة للمطاط في إندونيسيا وفي غيرها من جزر الهند الشرقية والملايو ، كما أمكن زراعة الكاكاو بكثرة في غرب إفريقية خصوصاً في غانة التي تنتج في الوقت الحاضر أكثر من نصف محصول العالم من الكاكاو .

وتعيش داخل النباتات الاستوائية جماعات بشرية قليلة العدد أغلبها متأخرة من الناحية الحضارية ، ففي إفريقية مثلاً تنتشر في بعض هذه الغابات جماعات من الأقزام الذين يمثلون إحدى السلالات الزنجية القديمة ، وذلك بالإضافة إلى بعض الجماعات الزنجية الأخرى المتحضرة نسبياً ، وتعتمد هذه الجماعات في حياتها على جمع الثمار والنباتات التي يمكن أكلها ، كما يقوم بعضها بصيد الحيوانات من الغابة أو بصيد الأسماك من مجارى المياه ، كما تنتشر حرفة الزراعة كذلك بين هذه الجماعات خصوصاً زراعة النباتات ذات الجذور الدرنية التي يعتمدون عليها في غذائهم مثل الـ Yam والكاسافا Casava .

وأسلوب الزراعة السائد عندهم هو الزراعة المتنقلة . ويلاحظ أن التربة في الغابات الاستوائية فقيرة بصفة عامة لأن كثرة الأمطار تعمل على إذابة الأملاح الموجودة بها وعلى إزالتها ، كما أن هذه التربة فقيرة في المواد العضوية لأن عدم وجود فصل جاف في المنطقة يعتبر من العوامل التي لا تساعد على تحلل البقايا النباتية والحيوانية تحللاً كافياً .

وأهم الأقاليم التي يتمثل فيها المناخ الاستوائى هي :

- ١ — أمريكا الجنوبية حول خط الاستواء ما بين المحيط الأطلسي في الشرق والمحيط الهادى في الغرب خصوصاً في حوض الأمازون .
- ٢ — وسط إفريقية خصوصاً في حوض الكونغو وساحل غانة في غرب القارة .

الإقليم الاستوائي بأمريكا: الحرية كمنال للأقاليم الاستوائية .

يمثل حوض الأمزون أكبر منطقة في العالم تسقط الأمطار على جميع أجزائها بغزارة طول السنة ، فعلى مساحة لاتقل عن خمسة ملايين من الكيلومترات المربعة تسقط الأمطار بمعدل يزيد على ١٧٥ سنتيمترا سويا ، إلا أنه يوجد مع ذلك تباين ظاهر في كمية المطر التي تسقط على الأجزاء المختلفة للحوض وتوزيعها على أشهر السنة نتيجة لاختلاف الظروف المحلية الخاصة بكل منها وخصوصا مايتعلق بها بالموقع والتضاريس .

وتقدر كمية الأمطار التي تسقط على حوض الأمزون بأكثر من عشرين ألف كيلومتر مكعب في السنة ، وهذه الكمية العظيمة هي التي جعلت نهر الأمزون أعظم أنهار العالم من حيث كمية المياه التي تجري فيه . ويبلغ تصريف هذا النهر حوالي ٣٦٢٠ كيلومترا مكعبا في السنة ، ويليه في ذلك نهر الكنفو الذي يبلغ تصريفه حوالي ٢٨٧٠ كيلومترا مكعبا ، والواقع أن حوض الأمزون في مجموعه أغزر أمطارا من حوض الكنفو، وربما كان السبب في ذلك هو أن لأول مفتوح من جانبه الشرقي بحيث تجدد الرياح التجارية الطريق أمامها مفتوحا إليه حتى تصادم الحافة الشرقية لجبال الإنديز فتؤدي إلى سقوط أمطار غزيرة ينصرف أغلبها إلى الحوض ، أما حوض الكنفو فتحيط به المرتفعات من جميع الجهات تقريبا خصوصا من ناحية الشرق حيث تعترض هضبة إفريقية الشرقية سبيل الرياح التجارية التي تهب من المحيط الهندي فتضطررها إلى إسقاط معظم أمطارها على المنحدرات الشرقية للجبال حتى إذا ماوصلت إلى حوض الكنفو كانت قليلة الأمطار ، فضلا عن ذلك فإن الرياح التي تهب عليه من المحيط الأطلسي تكون أيضا قليلة الأمطار لمرورها على تيار بنجويلا البارد .

ويمكننا أن نقسم النطاق الاستوائي في أمريكا الجنوبية على أساس كمية الأمطار وتوزيعها على فصول السنة إلى الأقسام الخمسة الآتية :

١ - المنطقة الساحلية من جنوب مصب الأمزون حتى مصب نهر

أورينوكو في الشمال، وهي من أغزر أجزاء حوض الأمازون أمطاراً، ويرجع ذلك إلى أن الرياح التجارية الشمالية الشرقية تهب عمودية على الساحل تقريباً. وتتراوح كمية المطر السنوية هنا ما بين ٢٠٠ و ٢٥٠ سنتيمتراً، كما هي الحال في مدينة بارا Para التي يبلغ معدلها حوالي ٢٢٥ سنتيمتراً في السنة. وأكثر الشهور مطراً هي فبراير ومارس وأبريل ومايو حيث يبلغ معدل مايسقط في كل منها ح. إلى ٣٠ سنتيمتراً، أما أقل الشهور مطراً فهي سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر حيث يبلغ معدل مايسقط في كل منها أقل من سنتيمترين، ويمكننا بعبارة أخرى أن نقسم السنة إلى نصفين أحدهما ممطر يبدأ في يناير وينتهي في يونيو والثاني جاف نسبياً ويبدأ في يوليو وينتهي في ديسمبر.

٢ ب المنطقة الممتدة إلى الشرق مباشرة من سلاسل جبال الإنديز بما في ذلك السفوح الشرقية لهذه الجبال نفسها، والأمطار في هذا القسم أكثر منها في القسم السابق، بل وفي أي قسم من الأقسام الأخرى التي يشملها حوض الأمازون، والسبب في ذلك هو أن الرياح التجارية الشرقية تضطر للارتفاع عند مصادمتها للجبال فتشتد غزارة الأمطار التي يزيد معدلها السنوي عن ٢٠٠ سنتيمتر كما هي الحال في بلدة إكيتوس Iquitos التي يسقط بها حوالي ٢٠٨ سنتيمترات في السنة. والأمطار في هذا القسم موزعة توزيعاً منتظماً تقريباً على أشهر السنة فليس هناك فصل جفاف واضح. وشهر أغسطس هو أقل الشهور مطراً، ورغم ذلك فإن معدل أمطاره يصل إلى حوالي ١٢ سنتيمتراً.

٣ — الحوض الأوسط للأمازون، وهو أقل من القسمين السابقين أمطاراً، وربما يرجع ذلك إلى استواء سطحه وقلة استفادته بأمطار الرياح التجارية. وتتراوح معدل مايسقط سنوياً في هذا القسم ما بين ١٥٠ و ٢٠٠ سنتيمتر، وتمثله مدينة ماناوس Manaos التي يبلغ معدل أمطارها حوالي ١٦٥ سنتيمتراً في السنة، ولكن يلاحظ مع ذلك أن الفصل الجاف أقصر هنا منه في المنطقة الساحلية الشرقية، فبينما يمتد هذا الفصل في بارا من مايو إلى نوفمبر نجد أنه يمتد

في مناوس من يونيو إلى أكتوبر، فضلا عن أن معدل مايسقط في أى شهر من الشهور في المحطة الأخيرة لا يقل عادة عن ٥ سنتيمترات .

٤ — الهضاب المحصورة بين سلاسل جبال الإنديز في كولومبيا وإكوادور، وهي رغم ارتفاعها الذي لا يقل عن ٢٠٠٠ قدم فوق سطح البحر قليلة الأمطار نسبيا لأن الجبال المحيطة بها تحول دون وصول الرياح الممطرة إليها . ويبلغ معدل الأمطار في هذه الهضاب حوالي ١١٠ سنتيمترات ، ففي كيتو Quito وبوجوتا Bogota مثلا تصل كمية الأمطار إلى ١١٠ و ١٠٥ سنتيمترات على الترتيب .

وتمتاز بوجوتا رغم وقوعها على خط عرض ٥° شمالا بأنها تمثل النظام الاستوائى أصدق تمثيل ، وأمطارها موزعة على جميع أشهر السنة مع وجود قمتين لها إحداهما حوالى أبريل والثانية حوالى نوفمبر . ومن الغريب أن هذا النظام يكاد يختفى عند خط الاستواء نفسه . ففي بلدة كيتو الواقعة على هذا الخط نلاحظ أن نظام الأمطار لا يتفق مع النظام الاستوائى المثالى ، بل إنه أكثر شبا بالنظام السائد في المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء وفيها يوجد فصل جاف يشمل ثلاثة أشهر تقريبا هي يونيو ويوليو وأغسطس، بينما تغزر الأمطار في باقى الأشهر .

والواقع أن جبال الإنديز في كولومبيا هي المنطقة الوحيدة التى تمثل فيها النظام الاستوائى تمثيلا واضحا في أمريكا الجنوبية .

٥ — المنطقة الساحلية لجمهورية كولومبيا إلى الغرب من سلاسل الجبال ، وهذه المنطقة تتأثر بالتيار الاستوائى الراجع في المحيط الهادى ، وهي غزيرة الأمطار بحيث لا يقل المعدل السنوى فيها عن ٤٥٠ سنتيمترا، وقد يزيد عن ذلك كثيرا في بعض الأماكن ، كما هي الحال في بلدة بويناڤنتورا Buenaventura التى يبلغ معدل المطر فيها حوالى ٦٥٠ سنتيمترا في السنة . والأمطار موزعة على جميع الأشهر وإن كانت تقل نسبيا في الخمسة أشهر التى تبدأ في ديسمبر وتنتهى في إبريل .

١١ - ١ - ٢ - الأقاليم المدارية

تحديدها :

تشمل الأقاليم المدارية نطاقا عظيم الاتساع يمتد إلى الشمال وإلى الجنوب من النطاق الاستوائى الذى سبق الكلام عليه، وتشترك أغلب الأقاليم الواقعة فى هذا النطاق فى أن المعدل الحرارى فيها لا ينخفض فى أى شهر من أشهر السنة عن ١٨° مئوية ، شأنها فى ذلك شأن الأقاليم الاستوائية ، أما الأمطار فإن نظامها ليس واحدا فى جميع أجزاء هذا النطاق .

وعلى هذا الأساس يمكننا أن نقسم هذه الأقاليم إلى عدة أقسام يتميز كل منها بنظام خاص للأمطار .

وتعتبر الصحارى الحارة من أهم أقسام الأقاليم المدارية، ولكننا مع ذلك لن نتكلم عليها فى هذا الفصل حيث أننا سنتكلم عليها مع بقية الأقاليم الصحراوية فى فصل مستقل .

أما الأقاليم التى نتكلم عليها هنا فهى :

١ - الأقاليم المدارية القارية (نوع السودان) .

٢ - الأقاليم المدارية البحرية (نوع موزمبيق) .

(أ) الأقاليم المدارية القارية (نوع السودان) :

إذا ما ابتعدنا عن خط الاستواء نحو الشمال أو نحو الجنوب نجد أن الأحوال المناخية تأخذ فى التغير تدريجيا حتى نصل إلى نطاق تسوده الرياح التجارية طول العام ، ونظراً لأن الرياح التجارية جافة فى جملتها فقد ظهرت فى نطاق هبوبها أعظم صحارى العالم اتساعاً وأشدّها حرارة . وتشمل الأقاليم المدارية القارية عموماً معظم الأقاليم التى تنحصر بين هذه الصحارى من جهة ونطاق المناخ الاستوائى من جهة أخرى ، وهذه تمثل بصفة خاصة فى قارة إفريقيا

جدول رقم (١٧)

معدلات الحرارة والأمطار

في بعض محطات الأقاليم المدارية القارية (الارتفاعات منسوبة إلى سطح البحر)

- ١ — الخرطوم — $15^{\circ} 25'$ شمالاً و $31^{\circ} 32'$ شرقاً ، ٣٤٥ متراً
- ٢ — الملاكال — $9^{\circ} 25'$ شمالاً و $31^{\circ} 47'$ شرقاً ، ٣٩٠ متراً
- ٣ — كانو (نيجيريا) — 12° شمالاً و $8^{\circ} 20'$ شرقاً ، ٤٦٨ متراً

أولاً — الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الذي
١	٢٣	٢٥	٢٨	٣٢	٣٣	٣٣	٣٢	٣١	٣٢	٣٢	٢٨	٢٥	١٠
٢	٢٧	٢٨	٣١	٣١	٢٩	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٥
٣	٢٢	٢٤	٢٨	٣٢	٣١	٢٨	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٣	١٠

ثانياً — المطر بالمليمترات

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١	—	—	—	—	٣	١٢	٥٠	٧٣	١٨	٥٠	—	—	١٦١
٢	—	—	٥	٣٠	٧٨	١٢٨	١٧٢	١٨٠	١٣٥	٧٦	١٢	٢	٨١٨
٣	—	—	٢	١٢	٥٣	١١٨	٢١٣	٣١٥	١٤٨	١٧٥	—	—	١٠٣٧

حيث نجد أنها تشغل هنا نطاقين عظيمين إلى الشمال وإلى الجنوب من النطاق الاستوائي إلا أن الشمالي أعظم اتساعاً بكثير من النطاق الجنوبي .

والأقاليم المدارية القارية في جملتها هي نفس الأقاليم التي تشتهر باسم أقاليم السفانا أو (أقاليم المناخ السرداني) وهي تتميز عموماً بأنها تكون في فصل الشتاء واقعة في مهب الرياح التجارية الجافة وأنها تكون لهذا السبب عديمة الأمطار، أما في فصل الصيف فإنها تدخل في نطاق الضغط المنخفض الذي يتميز بأمطاره التي تسقط بسبب نشاط التيارات الصاعدة ، ومعنى ذلك أن أمطار هذه الأقاليم لا تختلف في نوعها عن الأمطار الاستوائية . ولكن الفرق الرئيسي

بينهما هو انقطاع سقوط الأمطار شتاء في الأقاليم المدارية القارية ، بخلاف الحال في الأقاليم الاستوائية التي لا ينقطع مطرها في أى فصل من الفصول .

ويلاحظ أن طول الفصل الممطر يتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا عن خط الاستواء نحو الشمال أو نحو الجنوب ، فعلى حدود النطاق الاستوائى مثلا نجد أن الفصل الممطر قد يشغل تسعة أشهر أو عشرة ، أما عند حدود الصحراء فقد لا يزيد هذا الفصل عن شهرين أو ثلاثة .

ومما يسترعى النظر في الأقاليم المدارية القارية عموما أن الانتقال من الفصل الممطر إلى الفصل الجاف أو العكس يحدث بطريقة شبه فجائية ، ويبدو أثر هذا الانتقال واضحا في الحياة النباتية وما يتبعها من مظاهر الحياة الأخرى، حيث تكون هذه المظاهر في الفصل الممطر مختلفة اختلافا تاما عنها في الفصل الجاف وفيما يلي وصف مختصر للمظاهر المناخية والنباتية العامة في كل فصل من هذين الفصلين .

(أ) الفصل الممطر : يختلف طول هذا الفصل من منطقة إلى أخرى حسب البعد عن خط الاستواء ، فعلى حدود النطاق الاستوائى مثلا نجد أن الفصل الممطر قد يشغل تسعة أشهر أو عشرة .

أما على حدود الصحراء فإنه لا يشغل أكثر من شهرين أو ثلاثة أشهر ، وب نفس الشكل تتناقص كمية الأمطار السنوية كلما بعدنا عن خط الاستواء ، فعلى الرغم من أن متوسط ما يسقط من المطر في معظم الأقاليم المدارية القارية يتراوح بين ٥٠ و ١٠٠ سنتيمتر في السنة فإن هذه الكمية قد ترتفع إلى ١٢٥ سنتيمترا على حدود النطاق الاستوائى وتنخفض إلى حوالى عشر بوصات فقط على حدود الصحراء ، ومع ذلك فيجب أن نلاحظ أن كمية المطر تتباين في المنطقة الواحدة تباينا عظيما من سنة إلى أخرى، فقد يحدث أن ترتفع كمية المطر في سنة من السنين إلى ضعف معدلها العام بينما يحدث في سنين أخرى أن تنخفض الكمية إلى نصف هذا المعدل .

ويعتبر عدم الاستقرار في نظام سقوط الأمطار بهذا الشكل من أهم العوامل التي يتعرض بسببها الإنتاج الزراعي في هذه المناطق إلى أخطار شديدة خصوصا في المناطق الواقعة بالقرب من حدود الصحراء لأن أقل تغير في كمية الأمطار التي تسقط في هذه المناطق تكوّن لها آثار خطيرة على الحياة النباتية سواء في ذلك الحشائش الطبيعية أو المحاصيل الزراعية .

وفضلا عن التباين الشديد في كمية المطر السنوية فإن اتفاق فصل المطر مع فصل الحرارة الشديدة يترتب عليه ضياع كمية كبيرة من المياه بالتبخر ، مما يقلل من القيمة الفعلية للأمطار ، ولهذا فإن الحد الأدنى اللازم لنجاح الزراعة في هذه المناطق يجب ألا يقل في الغالب عن ٧٥ سنتيمترا . ولكن يلاحظ أن أشد أيام السنة حرارة لا توجد عادة في قلب الفصل المطر نفسه بل توجد في الشهر الذي يسبق هذا الفصل مباشرة وكذلك في الشهر الذي يعقبه مباشرة ، والسبب في ذلك هو أن سقوط الأمطار يعتبر في حد ذاته من العوامل التي تساعد على تلطيف حرارة الجو .

والفصل المطر هو فصل الحياة والرخاء في الأقاليم المدارية، فما أن يبدأ سقوط الأمطار حتى تأخذ الحياة النباتية في النمو بسرعة عجيبة بحيث يغطي سطح الأرض في خلال أسبوعين أو ثلاثة بطبقة عظيمة الكثافة من الحشائش المرتفعة كما تعود الأشجار للاخضرار . وليس هذا النمو السريع للحياة النباتية إلا نتيجة طبيعية لاجتماع الأمطار الغزيرة مع الحرارة الشديدة، وهما العاملان الرئيسيان في نمو النباتات وذلك بشرط أن تكون كمية الأمطار كافية لتحمل البخر الشديد الذي يسببه ارتفاع درجة الحرارة في فصل سقوطها .

وعند انتهاء موسم الأمطار تعود الحالة تدريجيا إلى ما كانت عليه من فقر وحرارة وجفاف . وتعتبر الأسابيع الأخيرة من الفصل المطر من أجمل أوقات السنة من حيث ملاءمة الأحوال الجوية فيها لحياة الإنسان، فالرطوبة الشديدة التي يتميز بها الفصل المطر تكون قد نقصت نوعا ما بينما لا تكون درجة الحرارة قد ارتفعت . ارتفاعها الشديد بعد . كما أن الأتربة الكثيرة التي يغطي بها

سطح الأرض والتي كثيراً ماتعكر الجو في الفصل الجاف لانتكون قد كثرت بعد في هذا الوقت .

وعلى العكس من ذلك فإن الفترة التي تسبق فصل المظرب مباشرة تتميز بقسوة مناخها ، لأن درجة الحرارة فيها تكون قد بلغت أقصى ارتفاع لها ، كما تكون رطوبة الهواء آخذة في الزيادة المستمرة بينما لا يكون أثر الأمطار في تلطيف حرارة الجو قد أصبح ملموساً .

(ب) الفصل الجاف : يستمر تأثير الأمطار على سطح الأرض حوالى أسبوعين بعد انتهاء موسم المطر ، وتكون التربة خلال هذه الفترة مازالت تحتفظ بنسبة من رطوبتها ، وتظل النباتات التي تغطيها ، بما في ذلك الأشجار والأحراج والحشائش محتفظة بلونها الأخضر .

ولكن سرعان ما يأخذ لونها في الاصفرار ثم الذبول والجفاف ، كما أن البرك والجداول التي تكون قد تكونت في فصل المطر تأخذ في الجفاف بسبب ضياع مياهها بالتبخر والتسرب ، وتنخفض مناسيب معظم الأنهار ، وتغطي الأرض في معظم الجهات بطبقة من الأتربة الناعمة والنباتات اليابسة التي تتطاير بكثرة مع الهواء فتؤدي إلى تعكير الجو .

ومن الطبيعي أن تكون الرطوبة النسبية في هذا الفصل منخفضة عموماً ، وهي تتراوح في متوسطها ما بين ٦٠٪ و ٧٠٪ ، بل أنها كثيراً ما تنخفض عن ذلك انخفاضاً كبيراً . ويحدث ذلك بصفة خاصة عند هبوب الرياح الجافة من ناحية الصحراء ومنها رياح الهارماتان التي تهب من الصحراء الكبرى نحو ساحل غانة ، فكثيراً ما تنخفض الرطوبة النسبية عن ٣٠٪ .

وتتميز أيام الفصل الجاف عموماً بصفاء سمائها وشدة حرارتها وارتفاع مدى التغير اليومي للحرارة فيها ، وكثيراً ما ترتفع النهايات العظمى التي تسجل في أيامها عن ٤٣,٣ ° مئوية .

أما المعدل اليومي لدرجة الحرارة فيكون هو الآخر مرتفعاً حتى أنه يصل في بعض الأشهر إلى حوالي ٢٣,٢ مئوية .

وتستمر الحرارة في ارتفاعها تدريجياً كلما اقترب موسم الأمطار ، ثم تنخفض نوعاً ما خلال هذا الموسم ، ولكنها سرعان ما تعود للارتفاع مرة أخرى عقب انتهاء موسم المطر ولكن بدرجة أقل من ارتفاعها قبل بدايته . ففي الخرطوم مثلاً يرتفع المعدل الحرارى إلى ٣٣,٣° في مايو ويونيو ويهبط إلى ٣٠,٦° في أغسطس ثم يعود للارتفاع إلى ٣٢,٢° في كل من سبتمبر وأكتوبر ، وفي مدينة كاتو بشمال نيجيريا نجد أن معدل درجة الحرارة يصل إلى ٣١,٥° مئوية في أبريل و ٣١,٣° في مايو ثم ينخفض إلى ٢٥° في أغسطس ولكنه يعود للارتفاع مرة أخرى حتى يصل إلى ٢٧,٢° في أكتوبر . وفي نهاية موسم الجفاف تتعرض الأقاليم المدارية لنوع من الأعاصير أو العواصف الشديدة التي تعرف في غرب إفريقيا باسم الترنادو ، ويبدأ ظهورها عموماً في شهر أبريل وتستمر حتى شهر يونيو ثم تختفي تقريباً في فصل الأمطار ولكنها تعود للظهور مرة أخرى في أعقاب الفصل الممطر أى في فصل الخريف .

٢ - المناخ المدارى البحرى (نوع موزمبيق) :

أهم أوجه الاختلاف بين النوع القارى والنوع البحرى من المناخ المدارى هى أن أمطار النوع الأول تسقط عموماً في نصف السنة الصيفى بسبب التيارات الصاعدة بينما تسقط أمطار النوع الثانى طول السنة نتيجة لعاملين هما التيارات الهوائية الصاعدة التى يتميز بها نطاق الضغط المنخفض الاستوائى ثم الرياح التجارية التى تؤدى إلى سقوط كثير من أمطار التضاريس على السواحل الشرقية للقارات في العروض المدارية ، والواقع أن هذا النوع الأخير من الأمطار هو الذى يسود في المناخ المدارى البحرى ، خصوصاً في الأجزاء البعيدة عن خط الاستواء .

أما أمطار التيارات الصاعدة فلا تسقط إلا في فصل الصيف في المناطق

القرية من خط الاستواء عندما ينتقل إليها نطاق الضغط المنخفض الاستوائي بينما يؤدي هبوب الرياح التجارية عليها في بقية فصول السنة إلى سقوط أمطار من نوع آخر هي أمطار التضاريس التي تحملها هذه الرياح وتسقط على منحدرات الجبال..

وأهم المناطق التي يمثل فيها النوع البحري من المناخ المداري هي المناطق الساحلية في كينيا وتانزانيا وموزمبيق في إفريقيا والنصف الشرقي لجزيرة مدغشقر ثم السواحل الشرقية للبرازيل وأمريكا الوسطى وجنوب شرق الولايات المتحدة حول شبه جزيرة فلوريدا والسواحل المواجهة لهبوب الرياح التجارية في جزر الهند الغربية ، وكذلك في جزر هاواي وجزر ساموا في المحيط الهادى وفي جميع هذه المناطق نجد أن النباتات الطبيعية تتكون في جملتها من غابات كثيفة دائمة الخضرة لا تختلف كثيراً عن غابات الأقاليم الاستوائية .

وتختلف كمية الأمطار من مكان إلى آخر على حسب نظام التضاريس واتجاه المنحدرات بالنسبة لاتجاه هبوب الرياح الممطرة . فالسواحل الشرقية المرتفعة تكون عادة أغزر مطراً من السواحل المقابلة لها في الغرب ففي جزيرة جامايكا مثلاً تبلغ كمية المطر على السواحل الشرقية المرتفعة حوالى ٣٥٠ سنتيمتراً بينما تبلغ الكمية على السواحل الغربية المقابلة لها في نفس الجزيرة حوالى ١٠٠ سنتيمتر فقط (راجع أرقام مدينتى بورت أنتونيو Port Antonio وKingston . وفي أمريكا الوسطى نجد كذلك أن كمية المطر التي تسقط على السواحل المطلّة على المحيط الأطلسى تزيد كثيراً عن كمية المطر التي تسقط على السواحل المطلّة على المحيط الهادى المقابل .

فبينما نجد أن أمطار مدينة كولون Colon تصل إلى ٣٢٥ سنتيمتراً نجد أن أمطار مدينة بالبوا Balboa تبلغ ١٧٥ سنتيمتراً فقط^(١) وإذا انتقلنا إلى جزر هاوى ، وهى واقعة في طريق الرياح التجارية الشماليه الشرقيه نجد نفس هذه الظاهرة ممثلة بوضوح . فبينما تزيد أمطار مدينة هيلو Hilo الواقعة على

(١) هاتان المدينتان واقعتان على طرفي قناة بنما .

الساحل شمالي الشرق، عن ٣٢٥ مستimetراً في السنة فإن أمطار مدينة هيلبا Hilea الواقعة على الساحل الجنوبي الغربي في منطقة ظل المطر لاتزيد عن ٨٨ مستimetراً، وهذا هو السبب في وجود منطقة شبه صحراوية صغيرة في هذه المنطقة وهي منطقة كاو Kau .

ونظراً لأن أغلب أمطار المناخ المداري البحري من نوع الأمطار التضاريسية فإن الارتفاع يعتبر عاملاً أساسياً في سقوطها ، ولذلك فإن الجزر ذات السطح المنخفض تكون قليلة الأمطار بصفة عامة ، ففي جزر الهند الغربية لاتزيد الأمطار على ١٢٥ مستimetراً في السنة .

وإذا نظرنا إلى التوزيع الفصلي للأمطار نجد أنه لايتبع نظاماً واحداً في جميع المناطق ، ففي بعض المناطق تظهر قمة الأمطار في فصل الشتاء وهو فصل اشتداد هبوب الرياح التجارية، وهذا هو ما يحدث في جزر هاواي مثلاً (راجع أرقام مدينة هونولولو) وفي بعضها الآخر تظهر قمة المطر في فصل الصيف وينطبق هذا بصفة خاصة على الأطراف الواقعة قرب خط الاستواء لأن هذه الأطراف تدخل عندئذ في نطاق الضغط المنخفض الاستوائي ، وتسقط نسبة كبيرة من أمطارها بسبب التيارات الصاعدة. ومن أمثلة ذلك ما يحدث في جزيرة ترينيداد من جزر الهند الغربية وجزيرة ساموا في المحيط الهادي (خط ١٤° جنوباً) ولكن إذا صرفنا النظر عن المناطق السابعة التي تظهر قمة المطر فيها في فصل الشتاء أو في فصل الصيف فإن قمة المطر في معظم الأقاليم المدارية البحرية الأخرى تظهر في فصل الخريف ، لأن درجة حرارة مياه البحار تكون عندئذ مرتفعة بينما تكون درجة حرارة اليابس آخذة في الانخفاض .

ومما تجدر الإشارة إليه أن بعض المناطق التي يشملها المناخ المداري البحري مثل جزيرة مدغشقر وجزر الهند الغربية تعتبر من أكثر أقاليم العالم تعرضاً لظهور الأعاصير المدارية التي يترتب عليها حدوث خسائر جسيمة في كثير من الأحيان ، وتكثر هذه الأعاصير بصفة خاصة في فصل الصيف ، ومن أشهرها

الماريكين في جزر الهند الغربية ، ومن أقرب حوادث الأعاصير إلى الأذهان الإعصاران اللذان أصيبت بهما جزر موريس في المحيط الهندي إلى الشرق من جزيرة مدغشقر ، وقد كان أحدهما في يناير سنة ١٩٦٠ والثاني في فبراير من نفس السنة، وقد ترتب على الأول قتل ٦ أشخاص وجرح عدة مئات وتشريد أكثر من عشرة آلاف بعد هدم مساكنهم ، كما ترتب على الثاني قتل ثلاثين شخصا وجرح عدة مئات وتشريد عدة آلاف ، ولم يكسب أى مبنى من مباني الجزيرة من الأضرار .

أما درجة الحرارة فلا تختلف في هذا النوع من المناخ اختلافا كبيرا عنها في المناخ الاستوائي ، فهي مرتفعة طول العام ، ويتدر أن ينخفض معدلها السنوي عن ٢١° مئوية ، ويبين الجدول رقم (١٨) معدلات الحرارة والأمطار في بعض المحطات التي تمثل هذا النوع من الأقاليم .

جدول رقم (١٨)
مغذيات الحرارة والمطر
في بعض محطات الأقاليم المدارية البحرية وهي :

- ١ — محبة — ٤° جنوباً و ٤٠° شرقاً ، ٧ أمتار .
- ٢ — تاناناريف — ١٩° جنوباً و ٤٨° شرقاً ، ١٣٧٠ متراً
- ٣ — يبرا — ٢٠° جنوباً و ٤٤° شرقاً ، ١٥ متراً
- ٤ — لورنسو ماركس — ٢٦° جنوباً و ٢٣° شرقاً ، ٥٩ متراً

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١ —	٢٨	٢٨	٢٩	٢٨	٢٦	٢٦	٢٥	٢٥	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨
٢ —	٢١	٢١	٢١	٢٠	١٨	١٦	١٤	١٥	١٧	١٩	٢١	٢١	٢١
٣ —	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٤	٢٣	٢٢	٢٣	٢٤	٢٦	٢٨	٢٨	٢٨
٤ —	٢٥	٢٦	٢٤	٢٣	٢١	١٨	١٨	١٩	٢١	٢٣	٢٣	٢٥	٢٥

(ب) الأمطار (بالمليمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١ —	٣	١	١	١٩	٣٧	١٧	٩	٩	٩	٩	٩	٩	١٩
٢ —	٢٠	٢٩	١٨	٥	٢	١	١	١	٢	٦	١٣	٢٩	١٣٧
٣ —	٢٦	٢٥	٢٤	١١	٦	٣	٢	٣	٢	٤	١٢	٢٥	١٤٣
٤ —	١٣	١٣	١٥	٥	٣	١	٣	٧	٢٠	٥	٨	١١	٩٩

١١ - ١ - ٣ - الأقاليم الموسمية الحارة

١ - الأقاليم الموسمية الاستوائية (نوع إندونيسيا) :

تمثل هذه الأقاليم بصفة خاصة في جزر إندونيسيا وغيزها من جزر الهند الشرقية ، فعلى الرغم من أن خط الاستواء يمر في وسط هذه الجزر تقريبا ، فإن موقعها بين آسيا من جهة وأستراليا من جهة أخرى جعلها تتأثر بالتغيرات التي تطرأ على توزيع الضغط الجوي ونظام هبوب الرياح على كل منهما ، وذلك بالإضافة إلى ما هو معروف عن ترحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائي نفسه نحو الشمال في فصل الصيف (الشمالي) ونحو الجنوب في فصل الشتاء . ومن الممكن أن نضم إلى هذه الأقاليم كذلك معظم أقاليم غانة في إفريقية وخصوصا الأقاليم المرتفعة مثل هضاب فوتاجالون . في أقصى الغرب ، كما نضم إليها أيضا الشريط الساحلي في إكوادور وكولومبيا في غرب أمريكا الجنوبية ومنحدرات جبال الإنديز المشرقة عليه من ناحية الشرق ، وكذلك الشريط الساحلي والمرتفعات المشرقة عليه في جنوب غربي أمريكا الوسطى .

وتسقط الأمطار في كل هذه الأقاليم طول السنة ، شأنها في ذلك شأن الأقاليم الاستوائية العادية عموما ولكنها مع ذلك تختلف عنها من حيث نوع الأمطار وتوزيعها على أشهر وفصول السنة ، فبينما نجد أن أمطار المناخ الاستوائي كلها تقريبا من نوع أمطار التيارات الصاعدة نجد أن مطر هذه التيارات لا يمثل إلا نسبة صغيرة من أمطار المناخ الموسمي الاستوائي . أما أغلب أمطار هذا المناخ فتسقط نتيجة لهبوب الرياح الموسمية التي تأتي من ناحية الجنوب في فصل الصيف ومن ناحية الشمال في فصل الشتاء وتكون في كلا الفصلين محملة بكميات كبيرة من بخار الماء بسبب مرورها على مسطحات مائية دافئة . وتلعب التضاريس دورا هاما في توزيع هذه الأمطار ، ففي الجزر الإندونيسية مثلا نجد أن السواحل الشمالية ، وخصوصا السواحل المرتفعة تكون أغزر مطرا في فصل الشتاء الشمالي من السواحل الجنوبية ، والعكس هو

الذى يحدث في فصل الصيف تبعاً لاتجاه هبوب الرياح المطيرة .

أما توزيع الأمطار على أشهر وفصول السنة فيختلف من منطقة إلى أخرى على حسب نظام توزيع الضغط الجوي وهبوب الرياح ، ويمكننا أن نقسم الجزر الإندونيسية من هذه الناحية إلى ثلاثة نطاقات .

(أ) النطاق الواقع إلى الشمال من خط عرض ٥° شمالاً وفيه تبلغ الأمطار قمتها في فصل الصيف (من يونيو إلى أكتوبر) ، وذلك لأن الضغط المنخفض الاستوائي يتزحزح شمالاً في هذا الفصل فتسقط نسبة كبيرة من الأمطار بسبب التيارات الصاعدة ، وذلك بالإضافة إلى أمطار التضاريس التي تأتي بها الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، أما فصل الشتاء (من ديسمبر إلى أبريل) فهو أقل فصول السنة مطراً في هذا النطاق .

(ب) النطاق الواقع إلى الجنوب من خط عرض ٥° جنوباً ، وفيه تكون الأحوال معاكسة تماماً لما يحدث في النطاق الشمالي ، حيث تزداد الأمطار في الفترة من ديسمبر إلى أبريل بسبب تزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائي نحو الجنوب ، وتبلغ حدتها الأدنى في الفترة التي تبدأ في يونيو وتنتهي في أكتوبر . ويجب أن نلاحظ على الرغم من ذلك أنه من النادر أن نجد شهراً يعدم فيه سقوط الأمطار في كل الجزر الإندونيسية .

(ج) النطاق الأوسط المحصور بين النطاقين السابقين ، وفيه يكون توزيع الأمطار منتظماً بصفة عامة على جميع فصول السنة .

أما درجة الحرارة فيختلف في المناخ الاستوائي الموسمي عنها في المناخ الاستوائي العادي إذ أنها مرتفعة طول السنة ، ولا ينخفض معدلها عن ٢١° مئوية في أي شهر من الشهور ، إلا في الجهات المرتفعة التي تدخل في الواقع ضمن نوع خاص من المناخ ستكلم عليه بعد قليل . ومما يزيد في قوة تأثير الحرارة أن نسبة الرطوبة في الهواء تكون مرتفعة لارتفاعاً شديداً في الأقاليم التابعة للمناخ الاستوائي عموماً (راجع الجدول رقم ١٩)

جدول رقم (١٩)

معدلات الحرارة والأمطار في بعض المحطات الواقعة

في الأقاليم الموسمية الاستوائية وهي :

- ١ — جاكارتا — ٦° جنوبا و ١٠٧° شرقا ، ٧ أمتار
- ٢ — ميامي (فلوريدا) — ٢٣° شمالا و ١١١° غربا ، متران
- ٣ — قرى تون — ٨° ٣٠' شمالا و ١٣° غربا ، ٥٥ مترا
- ٤ — كولون (باناما) — ٩° شمالا و ٧٩° غربا ، ٣٦ مترا

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ —	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٦	٢٦	٢٦	١
٢ —	٢٥	٢٥	٢٢	٢٣	٢٥	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٧	٢١	٨
٣ —	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢
٤ —	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٧	٢٦	١

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١ —	٢٣	٢٢	٢٠	١٣	١٠	٩	٧	٤	٧	١١	١٤	٢١	١٨١
٢ —	٦	٥	٦	٩	١٨	١٩	١٣	١٦	٢٣	٢٣	٨	٤	١٥٠
٣ —	١	١	٣	٩	٢٦	٥٠	٨٨	٨٩	٩٥	٣٠	١٤	٣	٢٨٣
	٩	٤	٤	٩	٢١	٢٤	٤١	٢٨	٢٢	٢٨	٢٥	٢١	٢٠٦

وإذا نظرنا إلى الحياة النباتية في المناخ الاستوائي الموسمي نجد أنها لا تختلف كثيرا عن الحياة النباتية في الأقاليم الاستوائية الأخرى ، فهي في جملتها عبارة عن غابات مطيرة دائمة الخضرة عظيمة الكثافة .

الأقاليم الموسمية المدارية (نوع الهند) :

توجد هذه الأقاليم بصفة خاصة في جنوب وجنوب شرق آسيا، حيث تمثل في الهند وبورما وجنوب الصين والهند الصينية وجزر الفلبين كما تمثل فضلا عن ذلك في شمال استراليا وفي الجبشة والصومال واليمن ، وأهم أوجه الاختلاف بين مناخ هذه الأقاليم وبين الأنواع الأخرى من المناخ المدارى هى أن النظام العام للرياح التجارية التى تسود هذه الأنواع الأخيرة يطرأ عليه بعض الاختلاف بسبب التغيرات التى تطرأ على حالة الضغط الجوى فوق كتل اليابس الكبرى خصوصا على قارة آسيا لأن هذه القارة تكون في فصل الشتاء مركزا لضغط مرتفع عظيم الاتساع تخرج منه الرياح الموسمية الشتوية نحو السواحل الجنوبية والشرقية للقارة ، بينما تكون في فصل الصيف مركزا لضغط منخفض عظيم الاتساع شديد العمق تنجذب نحوه الرياح الموسمية الصيفية من المحيطين الهادى والهندي ، ولهذا السبب نجد أن هذه القارة تضم أعظم الأقاليم الموسمية المدارية في العالم حيث تشمل القسم الأكبر من جنوب وجنوب شرق القارة .

وتسقط أمطار معظم هذه الأقاليم في فصل الصيف وأغلبها أمطار تضاريسية تكثر بصفة خاصة على السواحل المرتفعة التى تهب الرياح عمودية عليها من ناحية البحر ، كما هى الحال على المنحدرات الغربية لجبال الملايو وبورما والمنحدرات الغربية لجبال غات الغربية .

ويلاحظ أن سقوط الأمطار الموسمية على المنحدرات الغربية بهذا الشكل يخالف ما هو مألوف عن أمطار الأقاليم المدارية الأخرى عموما ، إذ المعروف أن أمطار هذه الأقاليم تتناقص كلما توغلنا في اليابس نحو الغرب .

وعلى الرغم من أن أمطار الأقاليم الموسمية المدارية تسقط في جملتها في فصل الصيف ، فإن الظروف المحلية الخاصة بالموقع والتضاريس قد تساعد كذلك على سقوط أمطار شتوية في بعض الأقاليم ، كما هى الحال في جزيرة سيلان وأقصى

الطرف الجنوبي الشرقى لهضبة الدكن وعلى ساحل أنام وفي جزر الفلبين حيث أن سقوط الأمطار في هذه المناطق لا يقتصر على فصل الصيف عند هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، بل إن الرياح الموسمية الشمالية الشتوية تسقط كذلك كثيراً من الأمطار في هذه المناطق ، لأن مرورها على مسطحات مائية دافئة يساعدها على حمل كميات كبيرة من بخار الماء .

ويختلف طول الفصل الممطر في الأقاليم الموسمية المدارية من منطقة إلى أخرى على حسب الظروف المحلية ، وخصوصاً ما يتعلق منها بالموقع والتضاريس واتجاه الرياح ، ففي الهند مثلاً نجد أن طول الفصل الممطر يزداد كلما اتجهنا جنوباً نحو الأطراف الجنوبية لهضبة الدكن لأن هذه الأطراف هي أول المناطق التي تصل إليها الرياح الموسمية الصيفية الممطرة من المحيط الهندي ، كما أنها هي آخر المناطق التي تختفي منها هذه الرياح .

وتتميز الأقاليم الموسمية عموماً بأنها من أكثر أقاليم العالم تعرضاً لحدوث تغيرات كبيرة في كمية الأمطار وفي طول الفصل الممطر من سنة إلى أخرى ، فقد تؤدي قلة الأمطار في سنة من السنين إلى هبوط شديد في المحاصيل الزراعية فتتسبب المجاعات في جهات كثيرة كما يحدث أحياناً في الصين وفي ولايات الهند الوسطى والشمالية ، ولكن قد تكون الحالة على العكس من ذلك تماماً في نفس الجهات في بعض السنين الأخرى حيث تزيد الأمطار بدرجة تؤدي إلى حدوث فيضانات غاية في الخطورة ، ومثال ذلك ما حدث في جنوب الصين في سنة ١٩٣١ عندما قاض نهر بانج تسي فيضاناتاً خطيرة غرق بسببه ما لا يقل عن أربعة ملايين مسكن وهلك عدة آلاف من الأنفس وأصبح حوالي ٢٠ مليون من السكان بدون مأوى وغمرت السيول ثمان مقاطعات انتشرت فيها الأوبئة والمجاعات .

والواقع أن طبيعة الأمطار الموسمية تساعد على ضياع كميات كبيرة من المياه دون فائدة ، لأن الأمطار تسقط عادة بغزارة شديدة يترتب عليها ظهور سيول

جارفة لايسهل تخزين مياهها أو التحكم فيها واستخدامها في أغراض الري والزراعة ، فقد يزيد معدل مايسقط من الأمطار في اليوم الواحد من الأيام الممطرة على ٩٠ سنتيمترا ، ويحدث هذا في الأماكن التي تساعد تضاريسها وموقعها على إسقاط الأمطار الغزيرة ، كما هي الحال في منطقة شيرابونجي في أسام ، راجع الجدول رقم (٢٠)

جدول رقم (٢٠)
معدلات الحرارة والأمطار في بعض المحطات الواقعة في
الأقاليم الموسمية المدارية ، وهي :

- ١ — بمباي — ١٩° شمالا و ٧٣° شرقا ، ١١ مترا فوق سطح البحر
- ٢ — رانجون — ١٧° شمالا و ٩٣° شرقا ، ٦ أمتار فوق سطح البحر
- ٣ — شيرابونجي — ٢٥° شمالا و ٩٢° شرقا ، ١٣١٤ مترا فوق سطح البحر
- ٤ — مانبلا — ١٥° شمالا و ١٢١° شرقا ، ١٤ مترا فوق سطح البحر
- ٥ — أدسن أبابا — ٩° شمالا و ٣٩° شرقا ، ٢٤٣٩ مترا فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	نوفمبر	ديسمبر	الذي
١ —	٢٤	٢٤	٢٧	٢٨	٣٠	٢٩	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٥	٦
٢ —	٢٥	٢٦	٢٩	٣٠	٢٩	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٥	٦
٣ —	١٢	١٣	١٦	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢١	٢١	١٩	١٦	٩
٤ —	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٣
٥ —	١٦	١٧	١٨	١٨	١٩	١٨	١٧	١٦	١٦	١٧	١٥	٤

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ —	—	—	—	—	٢	٥١	٦١	٣٧	٢٧	٥	١	—	١٨٤
٢ —	١	١	١	٣	٣١	٤٧	٥٤	٥٠	٣٩	١٩	٧	١	٢٥٤
٣ —	٢	٦	٢٧	٨٠	١٢٧	٢٥٩	٢٦٩	٢٠٤	١٢٤	٤٣	٦	١	١١٤٨
٤ —	٢	١	٢	٣	١١	٢٣	٤٤	٤١	٣٦	١٧	١٣	٨	٢٠١
٥ —	٢	٥	٧	٩	٨	١٥	٢٨	٣١	٢٠	٢	٢	١	١٣٠

ويلاحظ أن الانحدار الشديد لمياه الأمطار فوق سطح الأرض له أضرار أخرى من أهمها أنه يساعد على جرف التربة الناعمة وإزالتها من على جوانب المنحدرات . وتعتبر هذه الظاهرة من أهم المشكلات التي تواجه التوسع الزراعى فى الأقاليم الموسمية المدارية ذات المطر الغزير ، ومع ذلك فإن هذه الأقاليم تعد من أهم مناطق الإنتاج الزراعى فى العالم خصوصاً بالنسبة لإنتاج الأرز والشاي .

أما الحياة النباتية فى هذه الأقاليم فتختلف من منطقة إلى أخرى على حسب كمية الأمطار وطول الفصل الممطر . وعلى هذا الأساس نجد أن الحياة النباتية تتدرج من غابات كثيفة دائمة الخضرة لاختلاف كثيراً عن الغابات الاستوائية إلى غابات نفضية أو شبه نفضية تسقط أوراقها فى فصل الجفاف، وقد تسود فى المناطق قليلة الأمطار حشائش تشبه السفانا ، ومع ذلك فإن النوع النباتى السائد فى الأقاليم الموسمية هو الغابات النفضية وشبه النفضية ، وهى تغطى مساحات واسعة فى الهند وبرما والهند الصينية وشمال استراليا .

١١ - ١ - ٤ - مناخ الجبال فى الأقاليم الحارة

ليس من شك فى أن الارتفاع عن سطح البحر فى بعض الأقاليم الجبلية الواقعة فى النطاق الاستوائى وكذلك فى النطاق المدارى يجعل لهذه الأقاليم صفات مناخية خاصة تميزها عن غيرها من الأقاليم الحارة ، ففى النطاق الاستوائى نلاحظ أن مناخ الهضاب التى يتراوح ارتفاعها ما بين ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ متر فوق سطح البحر يكون عادة أقل حرارة وأقل مطراً عن مناخ الجهات المنخفضة المجاورة لها، ومع ذلك فإننا نلاحظ غالباً أن نوع الأمطار وتوزيعها على الأشهر يكاد يكون واحداً فى الهضاب المرتفعة والمناطق المنخفضة على حد سواء ، إلا علم، منحدرات الجبال التى تواجه هبوب الرياح الممطرة مباشرة، فعلى هذه المنحدرات تكون أغلب الأمطار من نوع الأمطار

التضاريسية ، أما على المضاب مثل هضبة البحيرات في إفريقية والمضاب المحصورة بين سلاسل جبلية مثل مضاب إكوادور وكولومبيا في أمريكا الجنوبية فإن الأمطار السائدة هي أمطار التيارات الصاعدة التي تسود في الأقاليم الاستوائية عموماً ، وكل ما هنالك هو أنها تكون على المضاب أقل منها في السهول ، فبينما نجد على سبيل المثال أن معدل أمطار حوض الكونغو في إفريقية يبلغ حوالي ١٧٥ سنتيمترا في السنة نجد أن معدل أمطار هضبة البحيرات المجاورة لهذا الحوض يبلغ حوالي ١٠٠ سنتيمتر فقط ، والسبب في ذلك هو أن التيارات الصاعدة على الهضبة تكون أضعف نسبياً منها في المناطق المحيطة بها بسبب انخفاض درجة الحرارة . وكما هي الحال بالنسبة للجهات المنخفضة نلاحظ أن أمطار المضاب لها قمتان تتفكان مع فصل تعامد الشمس ، وهما الربيع والخريف .

وقد لوحظ أن المدى الحراري صغير على المضاب ، كما هو صغير أيضاً في المناطق المنخفضة ، ومع ذلك فإن المدى اليومي يزيد كثيراً على المرتفعات عنه في المناطق المنخفضة لأن هواء المرتفعات النقي يساعد على سرعة فقدان الأرض لحرارتها بالإشعاع أثناء الليل .

ويمكننا أن نلاحظ الفروق المناخية السابقة إذا ما قارنا على سبيل المثال معدلات درجة الحرارة والأمطار في مدينة كنشاسا في حوض الكونغو وارتفاعها ٣٢٥ متراً فوق سطح البحر (٢٠° ٤' جنوباً و ١٦° شرقاً) بنظيراتها في مدينة نيروبي في كينيا على ارتفاع ١٦٦٠ متراً (١° جنوباً و ٣٧° شرقاً) وكذلك إذا قارنا معدلات مدينة بارا (بلم) القرية من مصب نهر الأمازون وارتفاعها حوالي عشرة أمتار فوق سطح البحر (١° جنوباً و ٤٩° غرباً) بنظيراتها في مدينة كيتو في إكوادور وارتفاعها ٢٨٥٠ متراً (خط الاستواء و ٧٩° غرباً) ، كما يتبين من الجدول رقم (٢١) .

أما الحياة النباتية فمن الطبيعي أن تكون في الجهات المرتفعة أقل كثافة منها

جدول رقم (٢١)

مقارنة بين معدلات درجة الحرارة والأمطار
في محطتين منخفضتين وآخرتين مرتفعتين في النطاق الاستوائى

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
١٨	١٨	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٥	١٧	١٩	١٩	١٧	١٨
٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٤	٢٣	٢٣	٢٥	٢٦	٢٦	٢٥	٢٦
٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٦	٢٦	٢٥	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٦
١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣

(ب) المطر (بالمليمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
٥	١١	٤	٢١	١٣	٥	٢	٢	٢	٥	١٥	٩	٩٩
١٣	١٢	٢٠	٢٠	١٦	١	١	١	٣	١٧	٢٢	١٤	١٣٥
٣٢	٣٦	٣٦	٣٢	٢٦	١٧	١٥	١١	٩	٩	٧	١٦	٢٤٦
٨	١٠	١٢	١٨	١٢	٤	٣	٦	٧	١٠	١٠	٩	١٠٩

في الجهات المنخفضة بسبب قلة الأمطار نسبياً ، فهضبة البحيرات مثلاً لا تغطى إلا حشائش من نوع السفانا التى تختلط بها كثير من الأشجار بينما يغطي حوض الكنفو بغابات استوائية كثيفة دائمة الخضرة .

أما على منحدرات الجبال التى يزيد ارتفاعها على ثلاثة آلاف متر فوق سطح البحر فنلاحظ أن المناخ يتدرج بنفس الطريقة التى يتدرج بها على منحدرات الجبال فى المناطق المعتدلة حيث نتقل من نطاق الحشائش المدارية إلى نطاق الحشائش المعتدلة والغابات النفضية ثم الغابات الصنوبرية ثم نطاق التندرا والثلج الدائم . .

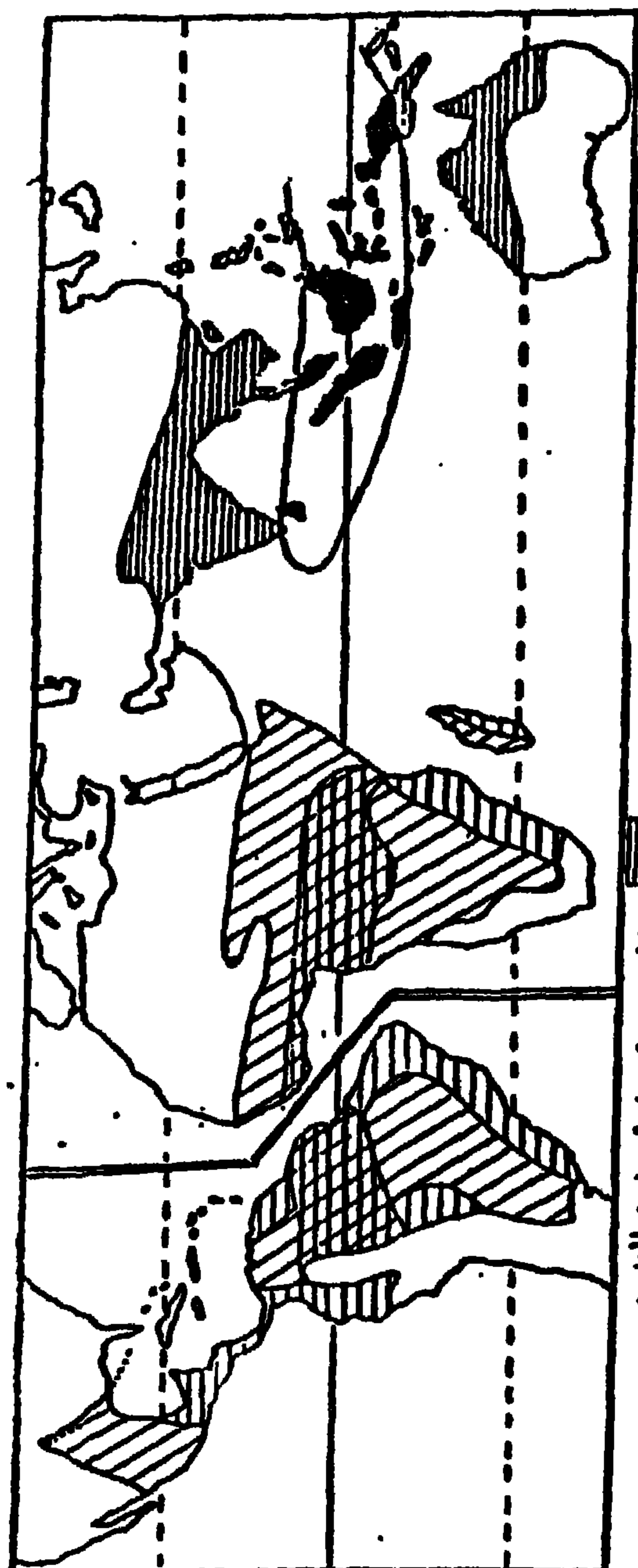
وما قيل عن المرتفعات الموجودة فى النطاق الاستوائى يمكن أن يقال كذلك عن المرتفعات الموجودة فى النطاق المدارى إذ أن الارتفاع يقلل من درجة الحرارة كما يقلل من أمطار التيارات الصاعدة ، وينطبق هذا بصفة خاصة على

المرتفعات الموجودة في الأقاليم المدارية القارية أما المنحدرات الجبلية المواجهة لمحبوب الرياح الآتية من البحر فتكون غزيرة الأمطار بسبب مايسقط عليها من أمطار تضاريسية ، وهذه المنحدرات هي التي تمثل أغزر جهات النطاق الحار أمطارا بصفة عامة .

ومن أهم الآثار البشرية للمرتفعات الموجودة في الأقاليم الحارة أنها مكنت الأوروبيين من استعمار هذه المناطق واستغلالها لإنتاج غلات المناطق المعتدلة في هذه الأقاليم ، وتعتبر كينيا من أحسن الأمثلة على ذلك .

١١ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الدافئة

المناخ المعتدل الدافئ : المقصود بالمناخ المعتدل الدافئ هو المناخ الذي لا ينخفض معدل درجة الحرارة فيه عن ٦° مئوية في أى شهر من الشهور أو بعبارة أخرى هو المناخ الذي لا يوجد فيه أى فصل بارد ، وهو يوجد في نطاق يمثل منطقة الانتقال بين نطاق الرياح التجارية من ناحية ونطاق الرياح الغربية من ناحية أخرى ، ولهذا السبب نجد أنه يتأثر بتتרחز نطاقات الحرارة والضغط العامة ، ففي فصل الصيف الشمالي تتרחز هذه النطاقات نحو الشمال فتدخل الأقاليم المعتدلة الدافئة في نطاق الرياح التجارية التي تسقط أمطارها على الحافات الشرقية بينما تصل إلى الحافات الغربية وهي جافة ، أما في فصل الشتاء فيحدث العكس حيث تتרחز نطاقات الضغط والحرارة نحو الجنوب ويتبع ذلك دخول الأقاليم المعتدلة الدافئة في نطاق الرياح الغربية التي تسقط أمطارها في غرب القارات ، ثم تتناقص هذه الأمطار تدريجيا كلما اتجهنا شرقا حتى تنعدم تقريبا في وسط القارات أو في شرقها ، ولكن يلاحظ أن الأمطار تعود غالبا للازدياد كلما اقتربنا من السواحل الشرقية حيث نصادف نوعا خاصا من المناخ المعتدل الدافئ تمثل فيه مظاهر المناخ الموسمي المعروفة ، ويمكننا على هذا الأساس أن نقسم الأقاليم المعتدلة الدافئة إلى ثلاثة أنواع كبرى هي :



- المناخ استوائي : نوع الحار .
 المناخ مدارية لاربية : نوع السودان .
 المناخ مدارية بحرية : نوع موزمبيق .
 المناخ موسمية مدارية : نوع الهند .
 المناخ موسمية استوائية : نوع البرنيسيا .

شكل (٨٧) توزيع الأنواع المناخية في العالم

- ١ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في غرب القارات (نوع البحر المتوسط) .
- ٢ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات (نوع ناتال) .
- ٣ - الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية (نوع وسط الصين) .

١١ - ٢ - ١ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في غرب القارات (نوع البحر المتوسط) :

يعتبر حوض البحر المتوسط أكبر منطقة يسودها نوع المناخ الذى تشتهر به الحافات الغربية لليابس في الأقاليم المعتدلة الدافئة ، وهذا هو السبب في أن هذا المناخ يشتهر بين الجغرافيين باسم مناخ البحر المتوسط ، ولكن يجب أن نلاحظ مع ذلك أن تضاريس حوض البحر المتوسط وشكل سواحله واتجاه منحدراته وغير ذلك من الظروف الطبيعية المحلية قد أدت إلى خلق أنواع مناخية خاصة تظهر في مناطق معينة وتختلف في كثير من النواحي عن مناخ البحر المتوسط المشهور ، وهو المناخ الذى لا يظهر على الرغم من اسمه الذى اشتهر به إلا في مناطق محدودة من البلاد الموجودة في حوض البحر المتوسط . ومن الغريب أننا بينما نجد أن هذا النوع من المناخ غير ممثل بوضوح في هذا الحوض نفسه نجد أنه يتمثل أصدق تمثيل في مناطق أخرى من العالم الجديد مثل كاليفورنيا وشمال شيلي . ولكن إذا صرفنا النظر عن الاختلافات المحلية الكثيرة التى تميز بعض أقاليم البحر المتوسط عن بعضها الآخر سواء في العالم القديم أو في العالم الجديد نجد أن هناك ظاهرات رئيسية عامة تشترك فيها كل هذه الأقاليم تقريبا ، وأهم هذه الظاهرات هي :

- ١ - سقوط أغلب الأمطار في نصف السنة الشتوى ، أما فصل الصيف فيغلب أن يكون جافا أو قليل الأمطار بشكل واضح .
- ٢ - ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف بحيث لا ينخفض المعدل في أي شهر من شهور هذا الفصل عن ١٨° مئوية .

٣ — عدم وجود فصل شديد البرودة بمعنى الكلمة ، إذ أن المعدل الحرارى لا ينخفض فى أى شهر من أشهر الشتاء غالبا عن ٦° مئوية .

٤ — كثرة ضوء الشمس خصوصا فى فصل الصيف الذى لا تحتجب أثناء السماء بالسحب إلا نادراً .

وأهم المناطق التى يظهر فيها هذا النوع من المناخ بالإضافة إلى حوض البحر المتوسط نفسه هى كاليفورنيا فى أمريكا الشمالية وأواسط شيلى بأمريكا الجنوبية وفى الطرف الجنوبى الغربى لمنطقة رأس الرجاء الصالح فى إفريقيا وجنوب غربى استراليا وجزء صغير فى جنوبها الشرقى .

وبلاحظ أن الرياح السائدة فى أقاليم البحر المتوسط تختلف فى الشتاء عنها فى الصيف ، ففى الشتاء تسود الرياح الغربية التى تهب عموما من ناحية البحر وتكون لذلك سببا فى سقوط الأمطار فى هذا الفصل ، أما فى فصل الصيف فإن الإقليم يدخل فى نطاق الرياح التجارية ، وهى فى جملتها رياح جافة لأنها تكون فى غالب الأحيان خارجة من القارات فضلا عن أنها تهب نحو مناطق أشد حرارة من المناطق التى تهب منها مما يساعد على خفض رطوبتها النسبية ويجعلها تبدو شديدة الجفاف ، ولكننا مع ذلك يجب أن نلاحظ أن هذا لا ينطبق تماما على السواحل الجنوبية للبحر المتوسط لأن الرياح تصل إلى هذه السواحل بعد مرورها على هذا البحر فتحمل معها بعض الرطوبة ، ولكنها على أى حال لا تسقط أى أمطار .

وهكذا نجد أن نظام الرياح على أقاليم البحر المتوسط هو الذى يجعل هذه الأقاليم خاضعة فى فترة من السنة وهى الصيف لتأثير كتل اليابس الواقعة إلى الشرق منها، وفى فترة أخرى وهى الشتاء لتأثير البحار الواقعة إلى الغرب منها .

وأما البحر المتوسط فى جملتها من النوع الإعصارى الذى يسقط بسبب المنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاق الرياح الغربية ، وبالإضافة إلى ذلك

تسقط كثير من أمطار التضاريس على "السوح" مرتفعة حتى نفد في طريق الرياح الممطرة مباشرة، كما هي الحال على ساحل دمانب عهد الساحل يعتبر من أغزر جهات أوروبا مطراً، حيث يزيد معدل الأمطار في معظم أجزائه على ٢٥٠ سنتيمترا في السنة

ويختلف طول الفصل الممطر وكمية المطر في أقاليم البحر المتوسط على حسب الظروف المحلية، ولكن يلاحظ عموماً أن طول الفصل الممطر يتناقص تدريجياً كلما اتجهنا نحو خط الاستواء حتى نتي في الصحارى المدارية، وعلى العكس من ذلك يزداد طول هذا الفصل تدريجياً كلما اتجهنا نحو القطبين حتى نصل إلى مناطق يسقط فيها المطر طول العام، وتدخل هذه المناطق الأخيرة ضمن نوع آخر من المناخ هو مناخ الحافات الغربية في الأقاليم المعتدلة الباردة وهو النوع الذي يشتهر باسم "مناخ غرب أوروبا"، فبينما نجد على سبيل المثال أن الفصل الممطر في مدينة تونس يشمل سبعة أشهر نجد أنه يشمل تسعة أشهر في باليرمو وأحد عشر شهراً في نابلي، ويشمل السنة كلها في مدينة جنوة.

ونظراً لأن أمطار مناخ البحر المتوسط تأتي، كما سبق أن أشرنا، من البحار الغربية، فإنها تتناقص تدريجياً كلما ابتعدنا عن هذه البحار نحو الشرق حتى نصل إلى أقاليم شبه صحراوية أو صحراوية في الداخل، ويمكننا أن نلاحظ هذا التناقص بوضوح إذا قارنا كميات الأمطار في بعض المحطات الواقعة على ساحل البحر المتوسط بعضها ببعض، فإذا أخذنا مثلاً معدلات الأمطار في مدن الجزائر وطرابلس والأسكندرية وبورسعيد نجد أنها على الترتيب هي ٢٤ و ٢٠ و ١٠ سنتيمترات، وذلك مع العلم بأن معدل الأمطار في مناخ البحر المتوسط المثالي تتراوح عموماً بين ٦٠ و ٨٥ سنتيمترا في السنة، راجع الجدول رقم (٢٢)

الحياة النباتية :

على الرغم من أن المناخ في أغلب أقاليم البحر المتوسط يتميز بوجود فصل جاف يتفق مع فصل الحرارة الشديدة ، فإن أثر الجفاف في تشكيل المظهر العام للحياة النباتية سواء في ذلك النباتات الطبيعية أو المحاصيل الزراعية ليس واضحا في هذه الأقاليم بدرجة وضوحه في بعض الأقاليم المناخية الأخرى التي تتميز كذلك بوجود فصل شديد الجفاف ، كما هي الحال مثلا في أقاليم السقانا والأقاليم الموسمية ، ففي المناطق التي تكفي أمطارها نمو الغابات في حوض البحر المتوسط نجد أن معظم الأشجار من الأنواع دائمة الخضرة التي تتحاييل على تحمل الجفاف بوسائل مختلفة ، فمنها ما تغطي جذوعه بقشور سميكة تحول دون ضياع المياه منها بالتبخر مثل القلن ، ومنها ماله أوراق إبرية مثل الصنوبر والأرز ، كما ينمو في هذا المناخ كذلك نوع دائم الخضرة من أشجار البلوط ، أما النوع النفضي من هذه الأشجار فلا يظهر إلا في مناطق محدودة جدا . وإلى جانب هذه الغابات تنمو في مناخ البحر المتوسط كذلك أحراج كثيفة تغطي بها الأرض في بعض المناطق وتتخللها أحيانا شجيرات أو أشجار قصيرة ، وتشتهر هذه الأحراج في كاليفورنيا باسم « شابارول Chaparral » . أما في البلاد المحيطة بالبحر المتوسط فيطلق عليها اسم ماكي Maqui^(١) . وإلى جانب المناطق التي تصلح بطبيعتها لنمو هذه الأحراج ، وهي غالبا مناطق رديئة التربة نجد أنها تظهر كذلك في بعض المناطق الأخرى التي أزال الإنسان غاباتها لاستغلال أخشابها .

وليس هناك فصل واحد للنمو في مناخ البحر المتوسط ، فعلى الرغم من أن برودة فصل الشتاء تؤدي إلى توقف نمو بعض النباتات ، فإن كثيرا من النباتات الأخرى تواصل نموها في هذا الفصل ، إذ أن معدل درجة الحرارة لا يهبط غالبا في أي شهر من الشهور إلى صفر النمو ، وكذلك في فصل الصيف قد تؤدي قلة الأمطار أو انعدامها تماما في بعض المناطق إلى توقف نمو النباتات ، ومع

(١) Finch, V. C. and Trewartha, G. L., « Physical Elements of Geography » 1949, p.425

جدول رقم (٢٢)

معدلات الحرارة والأمطار في بعض محطات
الأقاليم المحددة الدائمة في غرب القارات (نوع البحر المتوسط)

- ١ — الجزائر — ٣٧° شمالاً و ٣° شرقاً ، ٢٢ متراً فوق سطح البحر
- ٢ — الاسكندرية — ٣١° شمالاً و ٣٠° شرقاً ، ٣٢ متراً فوق سطح البحر
- ٣ — أزمير — ٣٨° شمالاً و ٢٧° شرقاً ، ٢٠ متراً فوق سطح البحر
- ٤ — كيب تون — ٣٤° جنوباً و ١٨° شرقاً ، ١٣ متراً فوق سطح البحر

(أ) — الحرارة (بالدرجات المثوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١ —	١٢	١٣	١٤	١٦	١٩	٢٢	٢٥	٢٦	٢٤	٢٥	١٧	١٤	١٤
٢ —	١٤	١٦	١٧	١٩	٢٢	٢٤	٢٦	٢٧	٢٦	٢٤	٢٠	١٦	١٣
٣ —	٨	٩	١٢	١٥	٢٠	٢٤	٢٧	٢٦	٢٢	١٤	١٣	٩	١٩
٤ —	٢١	٢١	٢٠	١٧	١٥	١٣	١٣	١٣	١٤	١٦	١٨	١٧	٨

(ب) — المطر (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١ —	١١	٩	٩	٦	٣	٢	—	١	٣٠	٨	١٢	١٤	٢٨
٢ —	٦	٢	٢	١	—	—	—	—	—	١	٤	٧	٢٢
٣ —	١١	٨	٨	٤	٣	٢	—	—	٢	٤	٩	١٣	٦٤
٤ —	٢	٣	٢	٥	١٠	١١	٩	٨	٦	٤	٥	٢	٦٦

ذلك فإن بعض النباتات تستطيع النمو اعتماداً على الأمطار القليلة التي تسقط

أحياناً في هذا الفصل أو اعتماداً على المياه الباطنية التي تستخدم كثيراً في أغراض الري، ولكن يمكن القول على أي حال أن فصل الصيف هو أفقر فصول السنة في حياته النباتية، أما أصلح الفصول للنمو فهي فصلاً الربيع والخريف بسبب اعتدال حرارتهما من جهة وكفاية أمطارهما لهذا الغرض من جهة أخرى .

أما الزراعة فإنها موزعة على جميع فصول السنة دون استثناء ، ففي فصل الصيف يشتغل الفلاحون بإعداد أشجار الفواكه ، سواء في ذلك الفواكه التي

تقاوم الجفاف بطبيعتها مثل الزيتون والتين والعنب ، وكلها تتميز بجذورها الطويلة التي تنوغل بها في التربة وتستفيد من الرطوبة المخزونة فيها ، أو الفواكه التي تعتمد في زراعتها على الري مثل الخوخ والبرتقال وغيره من الموالح .

أما في فصول الشتاء فتمد الحقول لزراعة الحبوب والخضروات التي تعتمد في نموها على المطر . ويلازم جفاف فصل الصيف نضج أغلب محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير كما يلازم صناعة تجفيف الفواكه مثل الزبيب والتين .

١١ - ٢ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات (نوع قابل) :

يقابل الأقاليم المعتدلة الدافئة التي توجد في غرب القارات أقاليم أخرى في شرقها بخلاف مناخها من بعض الوجوه عن مناخ تلك الأقاليم ، فيينا تسقط أمطار الأقاليم الغربية في فصل الشتاء فإن أمطار الأقاليم المقابلة لها في الشرق تسقط طول العام . وتزداد بصفة خاصة في فصل الصيف ، وهو الفصل الذي تدخل فيه هذه الأقاليم في نطاق الرياح التجارية (أو الموسمية) التي تهب من ناحية البحر وتكون محملة بكميات كبيرة من بخار الماء . والأمطار في جملتها من نوع أمطار التضاريس التي تسقط عند مقابلة الرياح لمحدرات الجبال ، وهي تزداد بصفة خاصة في أواخر الصيف وأوائل الخريف حيث تكون كمية بخار الماء التي يحملها الهواء أعلى منها في أي وقت آخر ، وتتناقص هذه الأمطار عموماً كلما توغلنا في اليابس نحو الغرب . وعلى الرغم من أن أقاليم غرب القارات تدخل هي الأخرى خلال هذا الفصل في نطاق الرياح التجارية فإن هذه الرياح تكون جافة نسبياً لأنها تكون آتية من ناحية اليابس .

أما في فصل الشتاء فتدخل الأقاليم الشرقية في نطاق الرياح الغربية . شأنها في ذلك شأن الأقاليم الغربية . وتسقط فيها بعض الأمطار بسبب المنخفضات الجوية التي تظهر في نطاق هذه الرياح . ولكن نظراً لأن الرياح الغربية التي تهب على الحافات الشرقية تكون خارجة من اليابس فإن أمطارها تكون أقل

بطبيعة الحال من الأمطار التي تسببها نفس الرياح عند هبوبها على الحافات الغربية . ويتميز مناخ الأقاليم الشرقية بأنه يتعرض لظهور نوعين من الأعاصير هما :-

- أولاً : الأعاصير المدارية التي تظهر في فصل الصيف عندما تدخل هذه الأقاليم في نطاق الرياح التجارية ، ومن أمثلتها الهريكين في جزر الهند الغربية والتيفون في الصين .

ثانياً : أعاصير المناطق المعتدلة وهي المنخفضات الجوية المعتادة التي تظهر في نطاق الرياح الغربية ، وهي التي تسبب أمطار فصل الشتاء ، كما أنها قد تسبب بعض الثقلبات الجوية التي يترتب عليها أحياناً اندفاع الهواء القطبي من ناحية سيبيريا في آسيا ومن ناحية شمال كندا في أمريكا . وكثيراً ما يندفع هذا الهواء بشكل عواصف ثلجية قارصة البرد جداً يترتب عليها في بعض الأحيان حدوث وفيات بين السكان فضلاً عن الخسائر الكثيرة في المحاصيل والثروة الحيوانية .

وإذا نظرنا إلى درجة الحرارة في مناخ الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات عموماً ، نلاحظ أنها أميل إلى الاعتدال في فصل الشتاء ، ففي هذا الفصل يبلغ المعدل الحراري حوالي ١٠° مئوية ، ومع ذلك فكثيراً ما يظهر الصقيع وتنخفض الحرارة إلى درجة التجمد أثناء الليل خصوصاً في المناطق الداخلية التي تبعد عن المؤثرات البحرية ، أما فصل الصيف فشديد الحرارة عموماً حيث ترتفع درجة الحرارة أثناء النهار في معظم أيامه إلى أكثر من ٣٠° مئوية ، ومما يزيد في قسوة هذه الحرارة أن الرطوبة في الهواء تكون مرتفعة ولهذا السبب كان فصل الصيف هو أقل فصول السنة نشاطاً وأكثرها أمراضاً ، حيث تنتشر فيه كثير من الأوبئة خصوصاً الملاريا التي تزداد بسبب نسبة الوفيات ، ولاتنتهي هذه الحالة السيئة بانتهاء فصل الصيف مباشرة ، بل إنها تستمر في خلال الأسابيع الأولى من فصل الخريف ولهذا نجد أن المعدل

الحرارى هذا الفصل الآخر أعلى نوعاً من المعدل الحرارى لفصل الربيع

ويتمثل هذا النوع من المناخ بصفة خاصة فى القارات الثلاث الجنوبية على الحافات الشرقية إلى الجنوب مباشرة من المناطق التى يتمثل فيها المناخ المدارى البحرى ، كما أنه يتمثل أيضاً فى مساحة كبيرة فى شرق الصين ووسطها وفى جنوب شرق أمريكا الشمالية إلى الشمال من المناخ المدارى الموسمى ، ولكن نظراً لأن هذه الجهات تغلب عليها صفات المناخ الموسمى فإننا سنضعها تحت نوع مناخى خاص هو « المناخ المعتدل الدافئ الموسمى » وهو نوع معدل من مناخ أقاليم شرق القارات .

وبين الجدول رقم (٢٣) معدلات الحرارة والأمطار فى بعض محطات الأقاليم المعتدلة فى شرق القارات .

الجدول رقم (٢٣)

معدلات الحرارة والأمطار فى بعض محطات
الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات

- ١ — شارلستون (كارولينا الجنوبية) — ٣٣° شمالاً و ٨٠° غرباً ، ١٥ متراً فوق سطح البحر .
- ٢ — سيدنى — ٣٤° جنوباً و ١٥١° شرقاً ، ٤٢ متراً فوق سطح البحر .
- ٣ — بورت اليزابيث (جنوب إفريقيا) — ٣٤° جنوباً و ٢٦° شرقاً ، ٥٣ متراً فوق سطح البحر .
- ٤ — بوننس آيرس — ٣٥° جنوباً و ٥٨° غرباً ، ٢٥ متراً فوق سطح البحر .

(أ) درجة الحرارة (درجات مئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ —	١٠	١١	١٤	١٨	٢٣	٢٦	٢٨	٢٧	٢٥	٢٠	١٤	١١	١٧
٢ —	٢٢	٢٢	٢١	١٨	١٥	١٣	١٢	١٣	١٥	١٨	١٩	٢١	١٠
٣ —	٢٦	٢١	٢٠	١٨	١٧	١٥	١٤	٢٤	٢٦	٢٧	٢٨	٢٠	٦
٤ —	٢٣	٢٣	٢١	١٦	١٣	١٠	٩	١١	١٣	١٦	١٩	٢٢	١٤

(ب) الأمطار (مستقيمات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة	
٦	٨	٧	٨	٨	١٠	١٥	١٤	٧	١١	٥	٧	١٠٦	- ١
٩	١١	١٢	١٤	١٣	١٢	١٢	٨	٧	٨	٧	٧	١٢٠	- ٢
٣	٣	٥	٥	٦	٤	٥	٥	٦	٥	٥	٤	٥٦	- ٣
٨	٧	١١	٩	٧	٦	٦	١٠	٨	٩	٨	١٠	٩٥	- ٤

الحياة النباتية :

بصرف النظر عن الحالات التي يظهر فيها الصقيع في بعض ليالي فصل الشتاء فإن المعدل الحرارى لا ينخفض في أى شهر من شهور هذا الفصل إلى حد يترتب عليه توقف نمو النباتات السائدة ، ولهذا السبب نجد أن الحياة النباتية هنا تشتمل على كثير من أنواع الأشجار دائمة الخضرة مثل البلوط والجوز ، وهى من الأنواع التي ذكرنا أنها موجودة كذلك في مناخ البحر المتوسط ، ولكن نظراً لأن أمطار الحافات الشرقية تسقط طول العام فإن مناخ هذه الحافات يساعد على نمو أنواع أخرى من الأشجار التي يحول جفاف فصل الصيف في مناخ البحر المتوسط دون نموها مثل أشجار السرخس والخيزران . وإلى جانب ذلك توجد في هذا النوع من المناخ غابات مختلطة من أشجار نفضية ودائمة الخضرة ، ولا يخلو الأمر من وجود أشجار صنوبرية في بعض المناطق . وكثير من الأشجار لها قيمة اقتصادية كبيرة سواء لأخشابها مثل البلوط والاسفندان والجوز أو لأوراقها وثمارها مثل التوت الذي تربي عليه دودة القز . وتنفض أشجار التوت أوراقها في الشتاء ، أما في الصيف فإنها تكون محملة بكميات كبيرة من الأوراق والثمار .

ومناخ الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات صالح لزراعة بعض المحاصيل التي لها قيمة اقتصادية كبيرة مثل الأرز والشاي وقصب السكر والقطن والتبغ . وفصل الصيف هو فصل النمو بالنسبة لأغلب المحاصيل ، حيث تجتمع فيه الأمطار والحرارة المرتفعة . وموسم حصاد المحاصيل وجنى الثمار هو فصل الخريف ، أما فصل الشتاء ، فعلى الرغم من انخفاض درجة الحرارة نوعاً ما أثناءه إلا أن ذلك لا يمنع من زراعة بعض المحاصيل خصوصاً في الأقاليم المزدهجة بالسكان حيث تشتد الحاجة لاستغلال الأرض إلى أقصى حد ممكن .

١.١ - ٢ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية :

يعتبر مناخ هذه الأقاليم نوعاً معديلاً من مناخ الأقاليم المعتدلة الدافئة الأخرى في شرق القارات وهو المناخ الذي سبق وصفه ، وأهم ما يميز النوع الموسمي عن النوع الأصلي أن الأحوال المناخية تتغير فيه تغيراً تاماً في نصف السنة الصيفي عنها في نصفها الشتوي ، ويكون الفرق بين الفصلين أوضح بكثير منه في النوع الأصلي، فقد رأينا مثلاً أن أمطار النوع الأصلي تتوزع على جميع شهور السنة وأن الرياح لا تهب بانتظام من اتجاه واحد بل إنها تتغير باستمرار في قوتها وفي اتجاه هبوبها نتيجة لوقوع المناطق التي يسودها هذا المناخ في منطقة التقاء نطاق الرياح التجارية بنطاق الرياح الغربية ، أما في النوع الموسمي ، فإن فصل الصيف يسوده نوع واحد من الرياح هو الرياح الموسمية الحارة التي تهب من ناحية البحر ، وأما فصل الشتاء فيسوده نوع آخر مختلف تمام الاختلاف عن النوع الأول ، وهو الرياح الموسمية الباردة التي تهب من داخل اليابس ولهذا السبب نجد أن معظم أمطار هذا النوع من المناخ تسقط في فصل الصيف ، أما الشتاء فجاف أو قليل المطر . ويكون الانتقال من الصيف إلى الشتاء أو العكس فجائياً تقريباً وهي صفة هامة من صفات المناخ الموسمي .

ومن أهم ما يميز النوع الموسمي كذلك أن مدى التغير السوي للحرارة فيه يكون أكبر منه في النوع الأصلي ، حيث يصل أحيانا إلى ٢٢° مئوية (راجع الجدول رقم ٢٤) . ويرجع ارتفاع هذا المدى بصفة خاصة إلى شدة برودة فصل الشتاء ، أكثر من رجوعه إلى ارتفاع درجة حرارة فصل الصيف .

جدول رقم (٢٤)

أ — معدلات الحرارة (بالدرجات المئوية) في مدينة تشونكين ،
وهي مثال للمناخ المعتدل الدافئ الموسمي

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
٩	١٠	١٤	٢٠	٢٣	٢٧	٢٨	٢٠	٢٥	٢٠	١٥	٩	١٥

(ب) الأمطار (بالستيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
٢	٢	٣	١٠	١٣	١٧	١٣	١١	١٥	١٢	٥	٢	١٠.٥

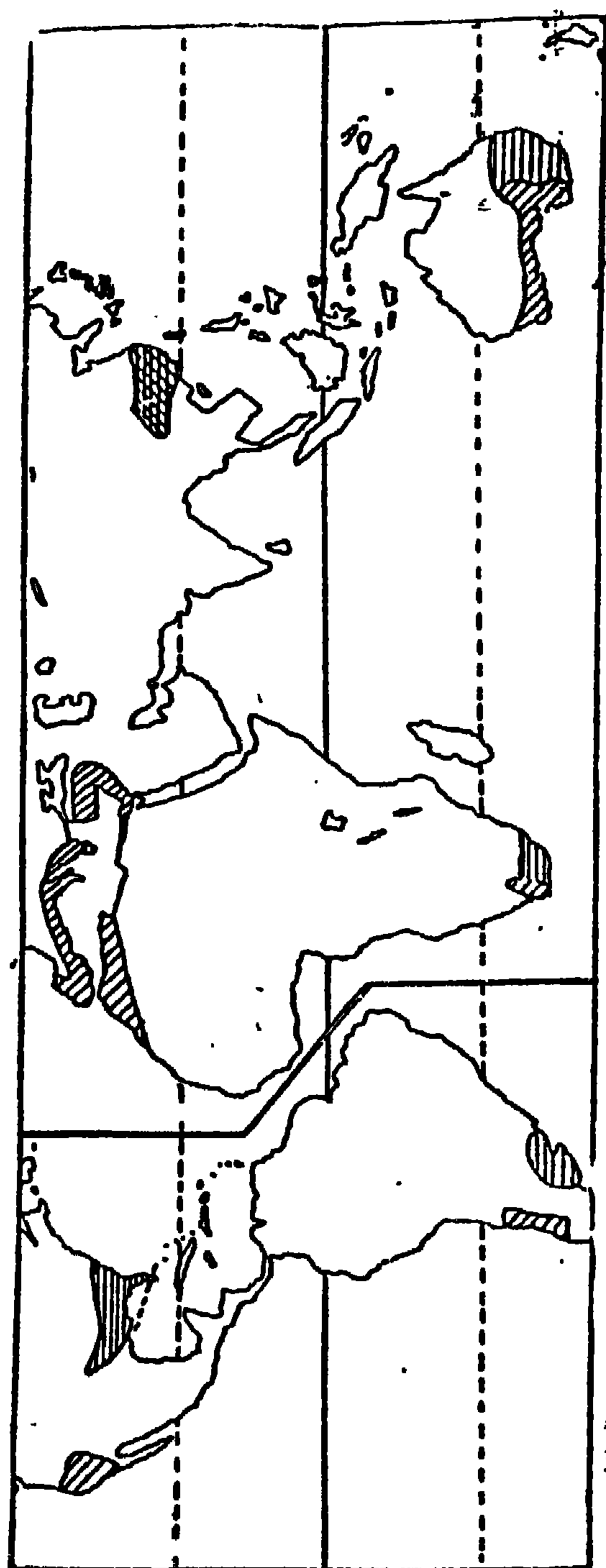
ويشغل المناخ المعتدل الدافئ الموسمي نطاقا واسعا في شرق الصين ووسطها ما بين نطاق المناخ الموسمي المداري في الجنوب ونطاق المناخ المعتدل البارد الموسمي (الذي ستكلم عليه فيما بعد) في الشمال ، ولكن ليس من السهل وضع حدود واضحة تفصل هذه النطاقات بعضها عن بعض لعدم وجود إحصاءات كافية من ناحية ولأنها تتداخل في بعضها بشكل تدريجي من ناحية ثانية ، ومع ذلك فمن الممكن أن نأخذ بالحد الذي وضعه أوستن ملر بين

النطاق المعتدل الدافئ في الجنوب والنطاق المعتدل البارد في الشمال ، وهو يمتد عموماً مع نهر الهانجتسى ، فالى الشمال من هذا النهر تشتد البرودة في فصل الشتاء بحيث ينخفض المعدل إلى أقل من صفر المحو (٦ °) في بعض الأشهر ، أما إلى الجنوب منه فيندر أن يهبط المعدل في أى شهر من الشهور إلى هذا الحد .

ويتكس أثر هذا الاختلاف واضحاً في الحياة النباتية الطبيعية ، والإنتاج الزراعى ، فبينما تسود الأشجار دائمة الخضرة ذات الأوراق العريضة في المناطق الواقعة إلى الجنوب من النهر ومن أمثلتها البلوط والزان والجوز والتخيزران فإن الأشجار السائدة في المناطق الواقعة إلى الشمال منه أغلبها أنواع قفزية مثل القسطل والفلين والاسفندان وتختلط بها أشجار إبرية الأوراق مثل الصنوبر والشوكران .

وبينما نجد أن الحقول الواقعة إلى الجنوب من النهر تنتج في كل سنة ثلاث غلات من المحاصيل التى تنمو في المناطق شبه المدارية مثل الشاى وقصب السكر والتوت فإننا نجد أن الحقول الواقعة إلى الشمال منه لا تنتج إلا محصولاً واحداً أو محصولين على الأكثر كل سنة ، ومن أهم المحاصيل التى تزرع هنا القمح والشعير والفول وغيرها من محاصيل المنطقة المعتدلة الباردة ، حيث يوجد هنا فصل نمو قصير نسبياً وفصل بارد أطول نوعاً ما .

ويمكننا أن نأخذ معدلات الحرارة والأمطار في مدينة تشونكين كمثال لهذا المناخ ، وهى واقعة على خط عرض ٣٠ شمالاً وخط طول ١٠٧ ° شرقاً ، وارتفاعها ٢٣ متراً عن سطح البحر .



المناخ المعتدل الدافئ في غرب القارات و نوع البحر المتوسط ، المناخ المعتدل الدافئ الموسمي ، نوع وسط

، المناخ المعتدل الدافئ في شرق القارات ، نوع تاتال .

شكل (٨٨) توزيع الأقاليم المعتدلة الدافئة في العالم

١١ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الباردة

أهم ما يميز هذه الأقاليم هو وجود فصل شديد البرودة يزداد طوله وتشتد قسوته كلما توغلنا في اليابس بعيدا عن المؤثرات البحرية ، وفي هذا الفصل لا يرتفع المعدل الحرارى فى أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية ، وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من هذه الأقاليم وهى :

١ - الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية فى غرب القارات ، وهى توجد بصفة خاصة فى غرب أوروبا .

٢ - الأقاليم المعتدلة الباردة القارية ، وهى تشمل معظم الأجزاء الوسطى من كتلتى أوراسيا وأمريكا الشمالية ، وهى الأجزاء التى يندر أن تصل إليها المؤثرات البحرية .

٣ - الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية فى شرق القارات وهى تتمثل بصفة خاصة فى شمال الصين .

١١ - ٣ - ١ - الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية (نوع غرب أوروبا) :

أهم الأقاليم التى تدخل تحت هذا القسم هى غرب أوروبا والجزر البريطانية . وشمال غرب الولايات المتحدة وكولومبيا البريطانية .

أما فى نصف الكرة الجنوبى فلا يمثل المناخ المعتدل البارد البحرى إلا فى منطقة صغيرة فى جنوب شيلى ، ثم فى جزيرة تسمانيا ونوزيلندة ، خصوصا فى الجزيرة الجنوبية ، ولكنه لا يظهر فى أى جزء من أستراليا جنوب إفريقيا لأن هذه القارة لاتصل فى امتدادها إلى العروض التى يوجد فيها هذا النوع من المناخ .

ومن أهم خصائص هذا المناخ أن المدى السنوى للحرارة فيه منخفض نسبيا ، نتيجة لتأثير البخار المجاورة ، ففى أوروبا مثلا يصل أثر تيار الخليج الدافئ إلى السواحل الغربية للقارة مما يساعد على تدفئتها فى فصل الصيف

أما في فصل الشتاء فإن مياه المحيط تكون أقل د . ه من اليابس ، وهذا فـيـها تساعد على تلطيف درجة الحرارة على السواحل محاذية

والرياح السائدة في هذا النوع من المناخ هي الرياح الغربية ، إلا أن نظامها غير ثابت بسبب كثرة المنخفضات الجوية التي تظهر طول العام تقريبا ، خصوصا في فصل الشتاء والخريف . ويلاحظ أن الرياح الغربية لا تستطيع أن تتوغل في فصل الشتاء توغلا كبيرا في داخل اليابس ، بسبب وجود منطقة ذات ضغط مرتفع متمركزة على أواسط كتلة أوراسيا

والواقع أن اختلاف نظام الضغط على أواسط أوراسيا في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف له علاقة كبيرة باتجاه الرياح التي تهب على السواحل الغربية لأوروبا ، ففي فصل الصيف يكون اتجاه هذه الرياح في جملته غربيا لأنها تكون مدفعة نحو الشرق ، بتأثير الضغط المنخفض العميق الذي ينشأ في هذا الفصل على أواسط أوراسيا .

أما في فصل الشتاء فإن هذا الضغط المنخفض يتلاشى ويحل محله ضغط مرتفع يقف في طريق تقدم الرياح نحو الشرق ويعمل على انحرافها نحو الشمال الشرقى بمعنى أنها تكون جنوبية غربية .

ويتميز النوع البحري من المناخ المعتدل البارد كذلك بأن هوائه يكون محملا بكميات كبيرة من بخار الماء ، وبأن أمطاره تسقط طول السنة ، ولكنها تكثر بصفة خاصة في فصلي الشتاء والخريف ، وهناك نوعان رئيسيان من هذه الأمطار :

١ — الأمطار الإعصارية التي تسببها المنخفضات الجوية التي تكثر في نطاق الرياح الغربية ، وهي المسؤولة عن زيادة أمطار فصلي الشتاء والخريف وهما فصلا نشاط المنخفضات الجوية

٢ — أمطار التضاريس ، وهي تسقط بغزارة على سلاسل الجبال المرتفعة التي تعترض طريق هبوب الرياح الممطرة التي تهب من ناحية المحيط ، ففي

جدول رقم (٢٥)

معدلات الحرارة والأمطار في بعض المحطات الواقعة في
الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية وهي :

- ١ — دبلن (أيرلندة) — 53° شمالا و 6° غربا ، ٥٠ مترا فوق سطح البحر .
- ٢ — بوردو (فرنسا) — 45° شمالا و 13° غربا ، ٧٥ مترا فوق سطح البحر .
- ٣ — بروكسل (بلجيكا) — 51° شمالا و 4° شرقا ، ١٠٠ متر فوق سطح البحر .
- ٤ — فانكوفر (كندا) — 49° شمالا و 123° غربا ، ٤١ مترا فوق سطح البحر .
- ٥ — دانيدن (نيوزيلندة) — 46° جنوبا و 171° شرقا ، ٧٣ مترا فوق سطح البحر .

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
٥	٥	٦	٧	١١	١٣	١٥	١٤	١٢	٩	٨	١١	١٠
٥	٦	٨	١٢	١٤	١٨	٢٠	٢٠	١٨	١٣	٨	٥	١٥
٢	٣	٦	٩	١٣	١٦	١٨	١٧	١٥	١١	٦	٣	١٦
٢	٣	٦	٨	١٢	١٥	١٧	١٧	١٣	٩	٦	٩	١٥
١٤	١٤	١٣	١١	٨	٧	٦	٧	٩	١١	١٢	١٣	٨

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
٦	٥	٥	٥	٦	٥	٧	٨	٥	٧	٧	٦	٧٢
٦	٥	٦	٦	٧	٧	٥	٥	٧	٨	٨	٦	٧٦
٧	٥	٥	٧	٦	٧	٩	٧	٧	٨	٨	٨	٨٤
٢٢	١٥	١٣	٨	٨	٧	٣	٤	١٠	١٥	٢٥	٢٠	١٥٠
٩	٧	٨	٧	٨	٨	٨	٨	٧	٨	٨	٩	٩٥

أوروبا مثلا يكثر هذا النوع من الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات الغربية لجبال اسكنديناو ومرتفعات ويلز . العالم الجديد فيكثر في كولومبيا البريطانية وجنوب شيلي وفي الجزيرة الجنوبية من جزيرتي نيوزيلندة .

ومما تجدر ملاحظته أن وجود السلاسل الجبلية على امتداد السواحل في المناطق المذكورة كان من نتائجه أن أصبح هذا النوع البحري من المناخ المعتدل

البارد مقصوراً على أشرطة ساحلية ضيقة ، ثم يتغير المناخ تعيراً فجائياً بمجرد عبورنا للجبال نحو الداخل حيث تنتقل مباشرة إلى النوع القارى من هذا المناخ ، وهذا بخلاف مانشاهدة فى معظم غرب أوروبا وشمالها الغربى باستثناء ساحل النرويج حيث نجد أن عدم وجود حواجز جبلية مهمة ممتدة بمحاذاة الساحل قد ساعد على توغل المؤثرات البحرية لمسافات بعيدة فى داخل القارة .

وإذا نظرنا إلى الحياة النباتية الطبيعية نجد أنها تتكون فى جملتها من غابات نفضية تسقط أوراقها فى فصل الشتاء بسبب انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من ٦° ، وهى تشمل بعض أنواع الأشجار التى تتميز بأخشابها ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة ، ومن أمثلتها أشجار البلوط والزان والدردار والاسفندان ، ولكن يلاحظ أن هذه الغابات قد أزيلت من معظم المناطق وحلت محلها حشائش غنية تقوم عليها حرفة رعى الماشية ، كما تحولت مناطق واسعة منها لحقول تزرع فيها بعض المحاصيل المهمة مثل البطاطس والشوفان ، أما القمح فنظراً لأنه يحتاج دائماً لفصل جاف يتفق مع موسم الحصاد فإن محصوله يتعرض فى هذه المناطق لأضرار بالغة فى بعض السنوات بسبب زيادة الأمطار .

وبالإضافة إلى الغابات النفضية تنمو كذلك الغابات الصنوبرية فى بعض المناطق التابعة لهذا المناخ وخصوصاً فى المناطق ذات التربة الرملية ، وهذا النوع من الغابات هو النوع السائد فى غرب كندا وشمال غرب الولايات المتحدة . وتعتبر هذه المناطق من أغنى مناطق العالم فى إنتاج أخشاب البناء .

ويلاحظ أن الغابات تتناقص تدريجياً كلما ابتعدنا عن الساحل الغربى فى أوروبا حيث تختلط بالحشائش ثم لاتلبث أن تختفى تماماً فى مناطق الاستبس فى الداخل ، أما فى أمريكا الشمالية فإن وجود سلاسل الجبال بمحاذاة الساحل يجعل الانتقال من نطاق الغابات إلى نطاق الحشائش التى تعرف هنا باسم البرارى يأتى فجائياً تبعاً للتغير الفجائى فى الأحوال المناخية .

١١ - ٣ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الباردة القارية (نوع شرق أوروبا)

إذا توغلنا في اليابس بعيدا عن السواحل الغربية أو عبرنا الحواجز الجبلية التي تمتد بجذء هذه السواحل ، فإننا نصل تدريجيا إلى نوع قارى من المناخ لانكاد المؤثرا البحرية تصل إليه سواء من الشرق أو من الغرب ، وهو يمثل في مساحات واسعة من أواسط أوراسيا وأمريكا الشمالية ، أما في نصف الكرة الجنوبي فإنه لا يمثل إلا في مناطق محدودة جدا من جنوب أمريكا الجنوبية ، أهمها إقليم هضبة بتاجونيا ويختلف هذا النوع من المناخ عن النوع البحرى الذى سبق وصفه من عدة وجوه أهمها :

١ - انخفاض كمية الرطوبة في هوائه .

٢ - قلة الأمطار نسبياً وسقوط أغلبها في نصف السنة الصيفى .

٣ - ارتفاع المدى الفصلى لدرجة الحرارة .

٤ - قصر الفصلين الانتقاليين أى الربيع والخريف بشكل يجعل من الممكن تقسيم السنة إلى فصلين اثنين هما الصيف والشتاء ، ففي مدينة وارسو مثلا نجد أن المعدل الحرارى لشهر مايو يزيد بنحو ٦ درجات مئوية عن معدل شهر أبريل ، وينقص معدل شهر نوفمبر بنحو خمس درجات عن معدل شهر أكتوبر ، ومعنى ذلك بعبارة أخرى أن الانتقال يكون فجائيا تقريبا بين الظروف المناخية لنصف السنة الصيفى والظروف المناخية لنصفها الشتوى .

وبالنظر إلى المعدلات الحرارية في بعض المحطات التي تمثل النوع القارى من المناخ المعتدل البارد مثل وارسو وفينا وكيف نلاحظ أن هذه المعدلات تنخفض في بعض أشهر الشتاء إلى مادون درجة التجمد ، وأنها ترتفع في بعض أشهر الصيف إلى أكثر من ٢١° مئوية ، وهذا التطرف في درجات الحرارة ليس في الواقع من صفات الأقاليم المعتدلة الحقيقية ولذلك فإن تسميتنا لهذا النوع القارى باسم المناخ المعتدل به كثير من التجاوز (راجع الجدول ٢٦) .

جدول رقم (٢٦)

معدلات الحرارة والأمطار

في بعض محطات الأقاليم المعتدلة الباردة القارية وهي :

- ١ - وارسو - 54° شمالاً و 21° شرقاً ، ١٢٠ متراً فوق سطح البحر
- ٢ - كييف - 50° شمالاً و 30° شرقاً ، ١٨٠ متراً فوق سطح البحر
- ٣ - فينا - 48° شمالاً و 16° شرقاً ، ٢٠٢ متراً فوق سطح البحر
- ٤ - أوماها (نبراسكا) - 41° شمالاً و 96° غرباً ، ٣٢٠ متراً فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
- ١	- ٣	- ٢	٨	١٤	١٨	١٩	١٨	١٣	٢	١٠	- ١	٢٢
- ٢	- ٦	- ٥	٧	١٤	١٨	١٩	١٨	١٤	٨	١	- ٤	٢٥
- ٣	- ٢	- ٤	٩	١٤	١٨	١٩	١٨	١٥	٩	٣	صفر	٢١
- ٤	- ٦	- ٤	١١	١٧	٢٢	٢٥	٢٤	١٩	١٣	٤	- ٣	٢١

(ب) الأمطار (بالستيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
- ١	٣	٣	٤	٥	٧	٨	٧	٥	٤	٤	٤	٥٧
- ٢	٣	٢	٤	٤	٦	٨	٦	٤	٤	٤	٤	٥٣
- ٣	٤	٣	٥	٧	٧	٨	٧	٥	٥	٥	٥	٦٦
- ٤	٢	٢	٧	١٠	١٤	١٠	٨	٨	٦	٣	٢	٧٥

ويترتب على الانخفاض الشديد في درجة الحرارة في فصل الشتاء في بعض الأجزاء الداخلية من اليابس تجمد المياه في بعض الأنهار لفترات يختلف طولها من منطقة إلى أخرى ولكنها تزداد طولاً كلما توغلنا في اليابس نحو الشرق بصفة عامة ، فبينما تتجمد مياه نهر الرين عند مدينة كولونيا حوالي ثلاثة أسابيع أو أربعة يكون النهر خلالها غير صالح للملاحة فإن مياه الجزء الأدنى من نهر الدانوب تتجمد لفترة يتراوح طولها ما بين خمسة أسابيع أو ستة أسابيع من كل سنة .

والمظهر التباين السائد في المناخ المعتدل البارد القارى هو الحشائش التى من نوع الاستبس ، وهى تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا نحو الشرق فى أوراسيا حتى نصل إلى مناطق صحراوية واسعة يمكننا أن ندخلها كذلك ضمن هذا التنوع القارى من المناخ ، وتبدأ الحشائش فى النمو عقب سقوط الأمطار فى أوائل فصل الربيع ، ثم تستمر خلال فصل الصيف ولكنها تأخذ فى الذبول والاحتراق فى أواخر هذا الفصل بسبب الحرارة الشديدة . ويساعد اختلاط بقايا هذه الحشائش بالتربة وتحللها فيها إلى زيادة خصوبتها .

والحرقة السائدة فى مناطق الاستبس هى حرقة رعى الماشية ، ومع ذلك فقد تحولت مساحات كبيرة منها إلى حقول زراعية . وتعتبر مناطق الاستبس فى الوقت الحاضر أغنى مناطق العالم فى زراعة القمح ، كما أن الذرة يزرع كذلك فى مساحات واسعة منها خصوصا على أطرافها المواجهة لخط الاستواء حيث يزداد طول فصل النمو وتشتد حرارة فصل الصيف عنها فى الأطراف المواجهة للقطب .

١١ - ٣ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية (نوع كوريا وشمال الصين) :

يقابل المناخ البحرى الذى رأينا أنه يتمثل فى غرب القارات نوع آخر من المناخ يظهر فى أجزائها الشرقية ، وفيه تبرز صفات المناخ الموسمى بشكل واضح ، فإذا ما تركنا المناطق المطيرة فى غرب القارات واتجهنا شرقا فإننا نصادف أقاليم قارية أو صحراوية تتمثل بصفة خاصة فى كتلة أوراسيا وفى أمريكا الشمالية ، وإذا ما واصلنا سيرنا نحو الشرق فإننا نتقل تدريجيا إلى أقاليم يسقط مطرها فى فصل الصيف ، ويتزايد المطر . الحال كلما اقتربنا من البحر ، وهذه الأقاليم تخضع فى نصف السنة لتيار الرياح الموسمية الرطبة التى تهب من المحيطين الهادى والأطلسى نحو منطقتى الضغط المنخفض اللتين تتركزان فى هذا الفصل على الأجزاء الداخلية من كتلتى أوراسيا وأمريكا الشمالية .

ويكون النظام الموسمي واضحا بصفة خاصة في شرق آسيا حيث تتجمع معظم الأمطار في أشهر الصيف بسبب الرياح الموسمية التي تهب من ناحية البحر، بينما تشتد البرودة ويستؤذ الجفاف في فصل الشتاء بسبب هبوب الرياح الموسمية الشتوية من داخل اليابس، وتتمثل هذه المظاهر بصفة خاصة في شمال الصين وكوريا وجنوب منشوريا، أما اليابان فعلى الرغم من أنها تدخل كذلك في هذا النوع من المناخ، إلا أن الأمطار الشتوية التي تسقط عليها تكون أكثر منها في المناطق السابقة بسبب وجود بحر اليابان إلى الغرب منها (راجع الجدول رقم (٢٧) .

جدول رقم (٢٧)

معدلات الحرارة والأمطار في بعض المحطات الواقعة في الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية وهي :

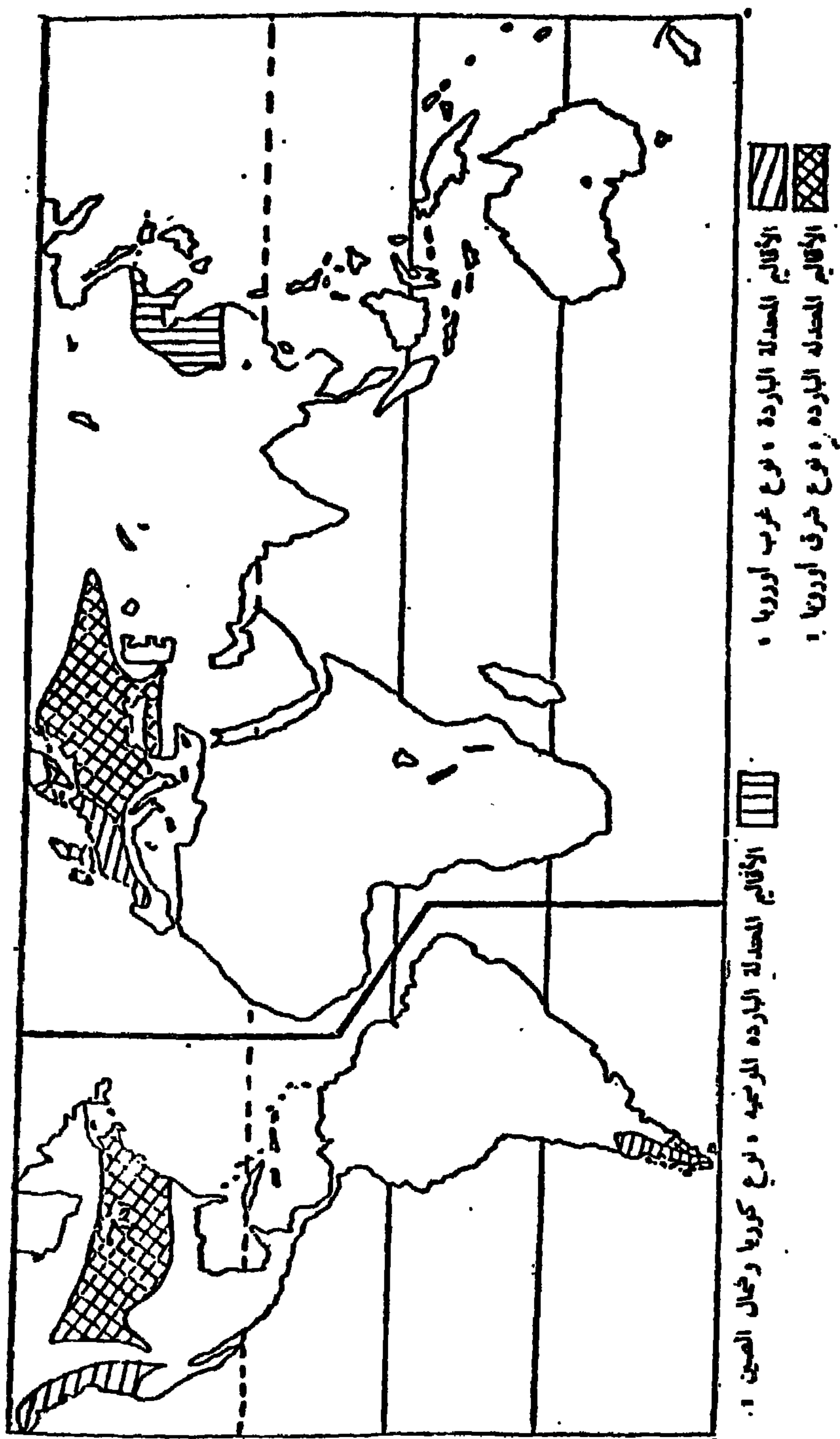
- ١ — بوستن — ٤٢° غربا ، ٣٨١ مترا فوق سطح البحر
- ٢ — ميكدن (منشوريا) — ٤٢° شمالا و ١٢٤° شرقا ، ٤٤ مترا فوق سطح البحر
- ٣ — وونسان (كوريا) — ٣٩° شمالا و ١٢٧° شرقا ، ٣٧ مترا فوق سطح البحر
- ٤ — ناجاسكى — ٣٣° شمالا و ١٣٠° شرقا ، ١٣٥ مترا فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المتوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ —	٣ —	٢ —	٢ —	٧	١٤	٢٠	٢٢	٢١	١٧	١١	٥	حضر	٢٥
٢ —	١٣ —	١٠ —	١ —	٨	١٦	٢٢	٢٥	٢٤	١٦	٩	٢ —	١٠ —	٢٥
٣ —	٣ —	٣ —	٢	٩	١٥	١٩	٢٣	٢٣	١٩	١٣	٦	١ —	٢٦
٤ —	٦	٦	٩	١٤	١٨	٢٢	٢٦	٢٧	٢٣	١٨	١٣	٨	٢٦

(ب) الأمطار (بالستيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ —	٩	٩	١٠	١٠	٩	٨	٩	١١	٩	١٠	١٠	١٠	١١٤
٢ —	١	١	٢	٣	٦	٩	١٦	١٥	٩	٤	٣	١	٧٠
٣ —	٤	٤	٥	٧	٩	١٢	٢٩	٣١	١٨	٨	٧	٣	١٣٧
٤ —	٨	٩	١٣	٢١	١٩	٣٣	٢٤	١٩	٢٢	١٢	٨	٨	١٩٦



شكل (٩٨) توزيع الأقاليم المعدلة الباردة في العالم

أما في أمريكا الشمالية فإن النظام الموسمي أقل وضوحا بكثير منه في شرق آسيا ، ويرجع ذلك إلى أن الضغط المنخفض على كتلة أوراسيا يكون أكثر عمقا وأشد انحداراً من الضغط المنخفض على أمريكا الشمالية ، ولهذا السبب نجد أن أمطار شرق الولايات المتحدة ليست مقصورة على فصل الصيف بل إنها تسقط كذلك في فصل الشتاء نتيجة لهبوب الرياح الممطرة من المحيط الأطلسي في مقدمة المنخفضات الجوية التي تعبر البلاد من الغرب إلى الشرق . والواقع أن مناخ شرق الولايات المتحدة يعتبر خليطاً من المناخ البحري والمناخ القاري إذ أن الرياح الغربية السائدة تنقل إليه مظاهر المناخ القاري من الداخل .

أما المؤثرات البحرية فتصل إليه بواسطة الرياح الجنوبية الشرقية التي تهب عليه أحيانا من المحيط الأطلسي في مقدمة المنخفضات الجوية .

ولا يختلف المظهر العام للحياة النباتية في هذا النوع من المناخ عنه في المناخ المقابل له على الحافات الغربية ، فهنا أيضا نجد أن الغابات النفضية هي أهم أنواع النباتات الطبيعية ، وعلى الرغم من أن هذه الغابات أزيلت من مناطق كثيرة فإنها مازالت تغطي مساحات واسعة في شرق آسيا، خصوصا في منشوريا واليابان، وكذلك على جوانب مرتفعات الأبلاتش في شرق الولايات المتحدة . أما في نصف الكرة الجنوبي فإنها لا تظهر إلا في جنوب أمريكا الجنوبية حيث تغطي مساحات صغيرة نسبيا في بتاجونيا وجزيرة أرض النار (تيرادلفويجو) .

١١ - ٤ - الأقاليم الباردة

المقصود بالأقاليم الباردة كما سبق أن بينا هو الأقاليم التي يوجد بها فصل طويل شديد البرودة ينخفض المعدل الشهري لدرجة الحرارة خلاله إلى أقل من درجة التجمد ، ويتراوح طوله ما بين ستة أشهر وتسعة أشهر من كل سنة ، وتقع هذه الأقاليم غالباً في الأطراف المواجهة للقطين من نطاق الرياح الغربية في نصف الكرة الشمالي حيث يتسع اليابس اتساعاً كبيراً في العروض العليا ، أما في نصف الكرة الجنوبي فإن اليابس (باستثناء القارة القطبية الجنوبية) لا يصل في امتداده إلى العروض التي يمثل فيها هذا المناخ .

وإن التدرج الذي لاحظنا وجوده في نطاق الأقاليم المعتدلة الباردة إذا ما تتبعناه من الغرب إلى الشرق نلاحظ وجوده كذلك في نطاق الأقاليم الباردة ، ومعنى ذلك أننا نستطيع أن نقسم هذه الأقاليم إلى ثلاثة أقسام هي :

١ - الأقاليم الباردة البحرية في شمال غرب أوروبا وشمال غرب أمريكا الشمالية .

٢ - الأقاليم الباردة القارية ، في الأجزاء الداخلية التي لاتصل إليها المؤثرات البحرية .

٣ - الأقاليم الباردة الموسمية ، في شرق آسيا .

١١ - ٤ - ١ - الأقاليم الباردة البحرية (نوع النرويج) :

بالإضافة إلى سواحل النرويج يمثل المناخ البارد البحري في نطاق ساحلي ضيق في ألاسكا وغرب كندا ، ويلاحظ في كلتا المنطقتين التابعتين لهذا المناخ في أوروبا وأمريكا الشمالية أن هناك نطاقات جبلية مرتفعة تمتد بدون انقطاع تقريباً بحذاء الساحل ، وقد ترتب على ذلك أن أصبح النوع البحري من المناخ البارد مقصوراً على شريط ساحلي ضيق جداً في الجانب الغربي من الجبال ، فإذا ما انتقلنا إلى جانبها الشرقي فإننا نجد نوعاً مناخياً لا يكاد يظهر فيه أى أثر للمناخ البحري ، وهذا النوع الأخير هو الذي يعرف باسم المناخ البارد القاري .

ومن أهم ما تتميز به الأقاليم الباردة البحرية أن شتاءها معتدل نسبياً إذا ما قارناها بغيرها من الأقاليم الباردة ، فعلى ساحل الترويج مثلاً لا ينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من أشهر الشتاء عن درجة التجمد . ولا شك فى أن تيار الخليج يعتبر عاملاً أساسياً فى الدفء النسبى الذى يتمتع به هذا الساحل إذا ما قورن بالأجزاء الداخلية ، وهو الدفء الذى يظهر حتى خط عرض ٦٧° شمالاً تقريباً ، وهذه الظاهرة لها فائدة كبيرة جداً وهى أن الملاحنة لا تتوقف على طول ساحل الترويج فى أى شهر من الشهور . وتتكرر نفس الظاهرة كذلك على ساحل كندا وألاسكا حيث نجد هنا أيضاً أن المعدل الشهرى لدرجة الحرارة لا ينخفض فى أى شهر من الشهور إلى أقل من درجة التجمد ، وذلك فى جميع أجزاء المنطقة الممتدة حتى خط عرض ٥٢° شمالاً إلى الجنوب بنحو ١٠ درجات تقريباً من الحد الشمالى للمنطقة المقابلة لها على ساحل الترويج ، وكما أن تيار الخليج الدافئ هو الذى يساعد على تدفئة هذا الساحل الأخير فإن تيار المحيط الهادى الشمالى الدافئ (كيروسيفو) هو الذى يساعد على تدفئة السواحل الغربية لكندا وألاسكا . ولكن يجب أن نلاحظ أن هذا الدفء مقصور على شريط ساحلى ضيق جداً وأن البرودة تشتد بمجرد الابتعاد ولو قليلاً عن البحر ، حتى أن درجة الحرارة قد تنخفض عند رؤوس الخلجان بما يتراوح بين ٣ و ٦ درجات مئوية عما هى عليه عند مداخل نفس هذه الخلجان ، ولذلك فكثيراً ما نجد أن رؤوس الخلجان تكون أحياناً مغطاة بالثلج فى الوقت الذى تكون فيه مداخلها مفتوحة للملاحنة .

أما عن المطر فى هذا النوع البحرى من المناخ البارد فنلاحظ أنه موزع على جميع أشهر السنة ولكنه يكثر بصفة خاصة فى فصلى الخريف والشتاء بسبب ازدياد نشاط المنخفضات الجوية فى هذين الفصلين عنه فى فصلى الصيف والربيع . ومن أهم ما يساعد على كثرة الأمطار كذلك أن الرياح الغربية تمر على مياه التيارات الدافئة قبل وصولها إلى الساحل فتصطدم بالجبال التى تكون قسماً ومعظم منحدراتها مغطاة بالجليد . ووجود هذه الثلوج على منحدرات

الجبال يعتبر من غير شك عاملا مساعدا على حدوث التكثف وريادة كمية المطر تبعا لذلك .

ومن الظاهرات التي تجدر الإشارة إليها أن كمية الأمطار تتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا نحو الشمال ، ويرجع ذلك إلى إزدیاد برودة الهواء ، ومايتبع ذلك من تناقص في قدرته على حمل بخار الماء .

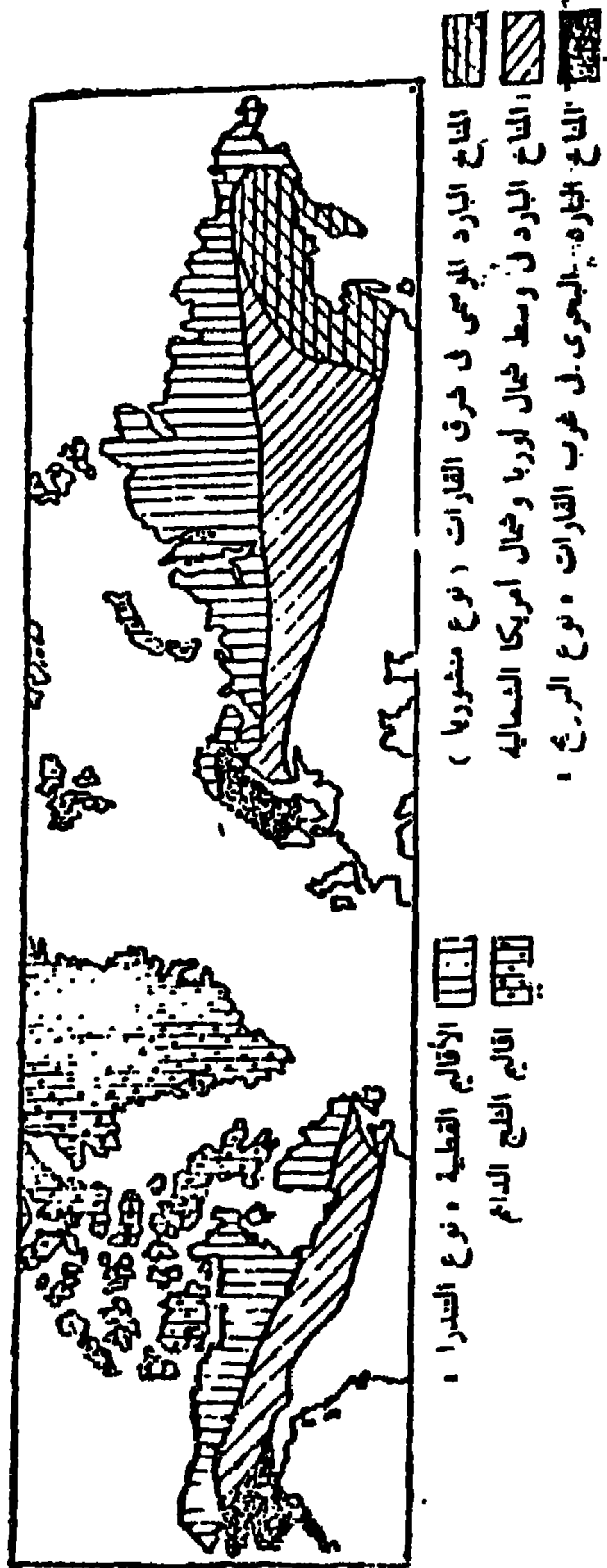
ونظراً لشدة برودة فصل الصيف فإن معظم الأمطار التي تسقط خلاله تكون غالباً على شكل ثلوج تتراكم على قمم المرتفعات وعلى منحدراتها وتتكون منها في بعض المناطق طبقات سميكة خصوصاً في الشمال .

ويمكننا أن نشير هنا إلى أن مستوى خط الثلج الدائم على مرتفعات الترويج يتراوح عموماً ما بين ١٤٠٠ متر. فوق سطح البحر في الجنوب و ٨٠٠ متر. في الشمال ، ولكنه مع ذلك قد يهبط في بعض المناطق الشمالية المتطرفة إلى مستوى حوالى ٥٠ متراً .

أما الحياة النباتية الطبيعية في هذا المناخ فتكون بصفة خاصة من غابات صنوبرية دائمة الخضرة تتخللها أحياناً بعض الغابات النفضية ، ولكن يلاحظ أن هذه الغابات أقل في كثافتها وفي ضخامة أشجارها بكثير من الغابات التي تنمو في المناخ المعتدل البارد الممتدة إلى الجنوب منها على الحافات الغربية لليابس ، ففي هذه الغابات الأخيرة توجد أنواع من الأشجار النفضية أكثر تعدداً منها في المناخ البارد .

١١ - ٤ - ٢ - الأقاليم الباردة القارية (نوع سيبيريا) :

أهم مايميز هذه الأقاليم أن البرودة الشديدة التي تسودها في فصل الشتاء يترتب عليها تكون نطاق من الضغط المرتفع الذي يحول دون وصول المؤثرات البحرية إليها من ناحية الغرب ، وهى المؤثرات التي تحملها الرياح الغربية ، كما أن تأثير المحيطات الواقعة في الشرق لا يستطيع كذلك ان يصل إلى هذه الأجزاء



شكل (٨٠) توزيع الأقاليم الباردة والأقاليم القطبية في العالم

لأن الرياح الموسمية الشتوية التى تخرج من القارة إلى البحر تعمل على طردها بعيدا عن اليابس .

ويظهر هذا النوع من المناخ فى مناطق واسعة فى شمال أوراسيا وكندا . ولكن نظرا لاتساع كتلة أوراسيا ، فإن المناخ البارد فيها يكون أشد قسوة منه فى كندا ، ففى سيبيريا نجد أن المعدل الشهرى لدرجة الحرارة ينخفض فى بعض المناطق إلى أقل من -50° مئوية كما هى الحال فى منطقة فرخويانسك التى يطلق عليها اسم قطب البرودة ، أما فى كندا فإن المعدل الشهرى لا ينخفض عادة فى أى منطقة من المناطق إلى أقل من -30° مئوية .

ومن الطبيعى أن تتناقص درجة الحرارة وتشتد وطأة البرودة فى فصل الشتاء كلما توغلنا فى اليابس بعيدا عن السواحل الغربية ، ويمكننا أن نلاحظ ذلك إذا ما قارنا معدلات الحرارة فى بعض المحطات الواقعة على خطوط عرض متقاربة ، فبينما نجد أن معدل درجة حرارة شهر يناير فى مدينة برجن هو 3° مئوية نجد أنه ينخفض إلى -4° فى أوسلو و -7° فى هلسنكى و -9° فى لتجراد و -19° فى توبولسك و -35° فى أوليكمنسك Olekminsk . ويمكننا أن ندرك نفس هذه الحقيقة بطريقة أخرى إذا نظرنا إلى امتداد خط حرارة 6° مئوية مثلا لشهر يناير حيث نجد أنه يبدأ عند خط عرض 70° شمالا على ساحل الترويج ثم ينحن تدريجيا نحو الجنوب كلما اتجهنا نحو الشرق حتى يصل فى سيبيريا إلى حوالى خط عرض 45° شمالا .

ولكن كان الشتاء شديد البرودة بهذا الشكل فإن الصيف يعتبر دافئا أو معتدلا بصفة عامة ، حيث يزيد معدل شهر يوليو عن 60° فى كثير من المناطق ، ويكون الانتقال مابين ظروف الصيف وظروف الشتاء فجائيا تقريبا ، ففى مدينة فرخويانسك مثلا يرتفع معدل درجة الحرارة من -13° فى شهر ابريل إلى 2° مئوية فى شهر مايو ، كما أنه يهبط من 36° مئوية فى شهر سبتمبر 6° مئوية فى أكتوبر ، ومن الواضح أن المدى السنوى للحرارة يكون فى القارى من المناخ أكبر منه على السواحل الغربية .

وتختلف الحياة النباتية بسبب هذا الاختلاف في درجة الحرارة اختلافا تاما في فصل الصيف عنها في فصل الشتاء ، فبينما نجد أن الأرض تكون في فصل الصيف مكسوة بغطاء من الأعشاب والطحالب ، نجد أنها تكون في الشتاء مغطاة بطبقة متصلة من الثلج .

أما أمطار هذا المناخ فأقل بكثير من أمطار المناخ البحرى إذ أنها لا تزيد غالبا على ٤٥ سنتيمترا ، وهى تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا شرقا حتى تكاد تنعدم في وسط آسيا الذى تشغله مناطق صحراوية وشبه صحراوية واسعة . ويكثر التساقط بصفة خاصة في نصف السنة الصيفى ، أما في نصفها الشتوى فإن الانخفاض الشديد في درجة الحرارة لا يسمح للهواء بحمل كميات كبيرة من بخار الماء ، ومع ذلك فإن التساقط يكثر في هذا الفصل ، ولكنه يكون عادة على شكل ثلج .

وتتأثر المناطق الداخلية من اليابس في بعض الأحيان بالمنخفضات الجوية التى تصل من ناحية الغرب مخترقة نطاق الضغط المرتفع الذى يكون متمركزا على اليابس في فصل الشتاء ، وتهب في مؤخرة هذه المنخفضات عواصف قطبية شديدة البرودة جداً ، تبلغ سرعتها ما بين ٧٥ و ٩٠ كيلومترا في الساعة ، وتخفض درجة الحرارة عند هبوبها بنحو ١٠ أو ١٥ درجة تحت درجة التجمد ، وهذه الرياح هى التى يطلق عليها في روسيا اسم البوران Buran ، وفي كندا والولايات المتحدة اسم Blizzard ، وكثيرا ماتكون هذه الرياح محملة بمقادير كبيرة من الثلج إما بشكل حبيبات دقيقة أو بشكل كرات صغيرة ، ووجود هذا الثلج يزيد من غير شك من خطرها على الحياة .

وتختلف الحياة النباتية في المناخ السبرى على حسب درجة الحرارة أولا وعلى حسب كمية التساقط ثانيا ، فحيثما يزيد المعدل على ٢٥ سنتيمترا تنمو غابات شجرية دائمة الخضرة ، أما إذا قلت الأمطار عن ذلك فإن المظهر النباتى السائد يكون عبارة عن حشائش قصيرة العمر تنمو خلال فصل النمو

فقط ، وتغطي الغابات الصنوبرية في الوقت الحاضر نطاقا يمتد بدون انقطاع تقريبا عبر سيبيريا في العالم القديم ، وكذلك عبر كندا وبعض أجزاء ألاسكا في العالم الجديد ، فعلى الرغم من قصر فصل النمو في هذا النطاق فإن ارتفاع درجة الحرارة ثم طول ساعات النهار وما يتبعها من زيادة ضوء الشمس خلال أشهر هذا الفصل يعتبران عاملين مهمين يساعدان على نمو الغابات ، وكذلك على زراعة بعض غلات المناطق المعتدلة مثل القمح في هذا النطاق .

ولكن يلاحظ أن الغابات التي تنمو هنا معظمها من الأنواع القصيرة التي ليست لأشجارها قيمة اقتصادية كبيرة من حيث صلاحية أخشابها لأعمال البناء وماشابه ذلك . ويطلق اسم « التايجا » على الغابات التي من هذا النوع في سيبيريا ، وتتناقص كثافة الأشجار ، كما تتناقص أحجامها كلما اتجهنا شمالا حتى تختفي تماما في إقليم التندرا ، كما أن الأشجار تتناقص كذلك على الأطراف الجنوبية كلما سرنا جنوبا نحو قلب آسيا وقلب أمريكا الشمالية حتى نصل إلى مناطق الاستبس والبراري ، التي يتميز بها المناخ المعتدل القاري .

١١ - ٤ - ٣ - الأقاليم الباردة الموسمية (نوع منشوريا) :

لا تختلف حالة الشتاء في هذه الأقاليم عنها في الأقاليم الباردة القارية لأن شرق القارات يكون في هذا الفصل خاضعا للمؤثرات القارية التي تحمل إليه الرياح الموسمية الخارجة من اليابس ، وهي رياح جافة شديدة البرودة لدرجة أنها تؤدي إلى تجمد مياه الأنهار لفترة تتراوح بين خمسة وسنة أشهر من كل سنة وتعيق درجة الحرارة في بعض المناطق مثل شمال منشوريا إلى ١٥° مئوية وما يزيد في قسوة البرودة أن الرياح الموسمية الخارجة من القارة تكون غالبا رياحا شديدة أقرب إلى العواصف في قوتها .

أما فصل الصيف فهو الذي يميز الأقاليم الباردة الموسمية عن الأقاليم المقابلة لها في داخل اليابس لأن الرياح تهب على الأولى في هذا الفصل من ناحية البحر حاملة إليها المؤثرات البحرية بما يصاحبها من أمطار ورطوبة ، وتبلغ كمية المطر

على الساحل في متوسطها حوالي ١٠٠ سنتيمتر ، ولكنها تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا غربا . ويبدأ موسم المطر عادة في شهر مايو وينتهي في شهر سبتمبر . وتتميز أشهر فصل الصيف كذلك بارتفاع درجة حرارتها إذا ما قورنت ببقية أشهر السنة حيث تأخذ درجة الحرارة في الارتفاع بسرعة ابتداء من شهر أبريل ، وبأخذ الجليد في الانقهار ، وهذا هو الوقت الذي تبدأ فيه زراعة المحاصيل وأهمها القمح والشعير .

جدول رقم (٢٨)

معدلات الحرارة بالدرجات المئوية ، ومعدلات الأمطار بالستيمترات في بعض المحطات الواقعة في الأقاليم الباردة وهي :

(أ) الأقاليم الباردة البحرية (نوع الترويح) وتمثلها مدينة برجن في غرب النرويج ، ومدينة كودياك في جنوب غرب الاسكا .

(ب) الأقاليم الباردة القارية (نوع سيبيريا) وتمثلها مدينة تمسك وموسكو ووينيبيج (في ولاية مانيتوبا في كندا) .

(ج) الأقاليم الباردة الموسمية (نوع منشوريا) وتمثلها مدينة فلاديفوستك .

برجن ٦٠° شمالا و ٥° شرقا (٢٢ مترا)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
١	١	٢	٦	٩	١٣	١٤	١٤	١١	٧	٤	٢	١٣
٢٣	١٧	١٦	١١	١٢	١٠	١٤	٢٠	٢٣	٢٤	٢١	٢٢	٢١٣

كودياك ٥٨° شمالا و ٣٧° شرقا (متران)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
٢	٢	١	٢	٦	١٠	١٣	١٧	١٠	٦	٢	١	١٥
١٧	١٢	١٠	١٠	١٣	١٢	٩	١٤	١٤	١٩	١٥	١٦	١٥٦

موسكو ٥٦° شمالا و ٣٧° شرقا (١١٦ حرا)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتى
١١ -	٩ -	٤ -	٢	١٢	١٧	١٩	١٧	١١	٤	٢ -	٨ -	٢
الحرارة												
٢	٢	٢	٤	٥	٥	٧	٧	٦	٤	٤	٤	٥٤
المطر												

تونسك ٥٧° شمالا و ٧٨° شرقا (١٢٠ حرا)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتى
١٩ -	١٧ -	١١ -	١ -	٨	١٥	١٨	١٥	٩	٤	١١ -	١٧ -	٢٧
الحرارة												
٣	٢	٢	٢	٤	٧	٨	٦	٤	٦	٤	٥	٥٢
المطر												

Winnipeg ٥٠° شمالا ، ٩٧° غربا (٢٢٢ حرا)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتى
٢٠ -	١٨ -	٩ -	٢	١١	١٧	١٩	١٨	١٢	٥	٦ -	١٤ -	٢٩
الحرارة												
٢	٢	٣	٤	٥	٨	٦	٦	٦	٤	٣	٢	٥٢
المطر												

فلامينغوك ٤٢° شمالا و ١٢٢° شرقا (١٥ حرا)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتى
١٥ -	١١ -	٣ -	٤	٩	١٤	١٩	٢١	١٦	٩	١ -	١٠ -	٢٦
الحرارة												
١	١	١	٢	٣	٤	٦	٩	٦	٤	١	١	٣٩
المطر												

١١ - الأقاليم القطبية

المقصود بهذه الأقاليم، على حسب تقسيمنا الذى سبق شرحه، هو الأقاليم التى ينخفض المعدل الشهري لدرجة الحرارة فيها إلى مادون درجة التجمد فى معظم شهور السنة ، وتوجد أغلب هذه الأقاليم فى العروض العليا من نصف الكرة الشمالى ، أما فى النصف الجنوبى فلا تمثلها إلا القارة القطبية الجنوبية . ويتفق حدما الشمالى فى هذا النصف مع خط عرض ٥٥° جنوبا تقريبا . أما فى النصف الشمالى فنظرا لاختلاط اليابس بالماء اختلاطا شديداً فإن الحد الجنوبى للأقاليم القطبية ينحرف نحو الشمال أو نحو الجنوب على حسب الموقع بالنسبة للمؤثرات البحرية ، فعلى ساحل النرويج وساحل ألاسكا نلاحظ أن الحد الجنوبى للمناخ القطبى ينحرف شمالا بتأثير التيارات البحرية الدافئة ، وذلك بخلاف الحال فى الأجزاء الداخلية من اليابس حيث ينحرف هذا الحد نحو الجنوب لتدخل فيه مناطق واسعة فى شمال روسيا وكندا ، كما تساعد التيارات الباردة التى تمر بالسواحل الشرقية لآسيا وأمريكا الشمالية على دفع هذا الحد نحو الجنوب بشكل واضح على طول هذا الساحل .

ويمكننا أن نقسم الأقاليم القطبية على أساس درجة الحرارة إلى قسمين هما :

١ - مناطق التندرا ، وفيها يرتفع معدل درجة الحرارة فى فصل الصيف القصير إلى ما فوق درجة التجمد ، مما يسمح بنمو حياة نباتية فقيرة تتكون من بعض الحشائش والنباتات الزهرية .

٢ - مناطق الثلج الدائم ، وفيها لا ترتفع درجة الحرارة فى أى شهر من الشهور عن درجة التجمد ، ولذلك فإن سطح الأرض يكون مغطى بالجليد طول السنة ، ولا توجد بها مظاهر تستحق الذكر من مظاهر الحياة .

ومن أهم ما يميز الأقاليم القطبية عموما أن الفرق بين طول الليل وطول النهار يزداد كثيرا كلما اتجهنا نحو القطب ، وهنا نجد أن السنة تنقسم إلى فصلين يبلغ

طول كل منهما ستة أشهر ، ويكون أحدهما وهو فصل الصيف بمثابة ليل طويل لاتظهر الشمس أثناءه مطلقا ، وهذا في الواقع هو أقصى طول لليل وأقصى طول للنهار ، ويتناقص طول الليل الشتوى وطول النهار الصيفى تدريجيا كلما اتجهنا ناحية خط الاستواء حتى إذا ما وصلنا إلى الدائرة القطبية نجد أن هناك يوما واحدا في (٢١ يونيو) تظل الشمس مشرقة أثناءه لمدة ٢٤ ساعة ، ويوما واحدا (٢٢ ديسمبر) لاتشرق فيه الشمس لمدة ٢٤ ساعة .

وتتغلى الأقاليم القطبية كلها بالثلوج في فصل الشتاء الطويل ، كما تتجمد التربة حتى عمق كبير فإذا مابدا فصل الصيف أخذت الثلوج في الانصهار ببطء ولكن هذا الانصهار يكون مقصورا على الطبقة السطحية من التربة، أما الطبقات السفلى فلا يكفى طول فصل الصيف وحرارته لانصهارها ، ومع

جدول رقم (٢٩)

معدلات الحرارة والتساقط في محطتين من المحطات الواقعة في الأقاليم القطبية

- ١ — فارو (النرويج) — ٧٠° شمالا و ٣١° شرقا ، ١٠ أمتار فوق سطح البحر
- ٢ — أوركنى الجنوبية — ٦١° شمالا و ٤٥° غربا ، ٧ أمتار فوق سطح البحر .

أ — الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
٦ —	٦ —	٤ —	١ —	٢	٦	٩	٩	٦	٢	٢ —	٤ —	١٥
٦ —	٦ —	١ —	٣ —	٧ —	٩ —	١١ —	٩ —	٧ —	٤ —	٢ —	١ —	١١

فارو :

أوركنى الجنوبية

ب (التساقط (بالسنتيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
٧	٧	٥	٤	٤	٤	٥	٥	٦	٦	٦	٧	٦٦
٤	٤	٥	٤	٣	٣	٣	٤	٢	٢	٤	٢	٤٠

فارو :

أوركنى الجنوبية

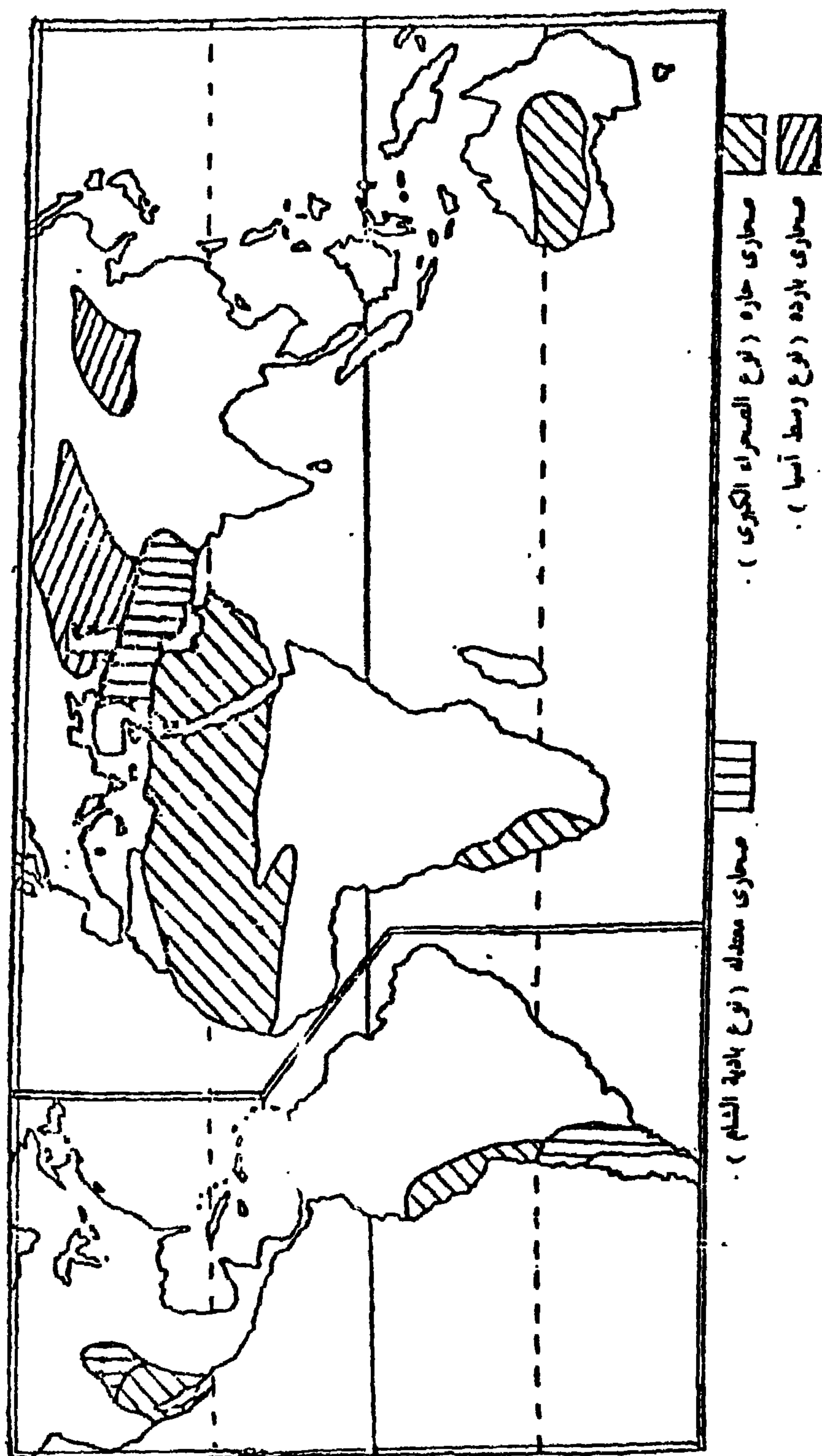
ذلك فإن الدفء الذى تسببه أشعة الشمس فى هذا الفصل يكفى لظهور بعض الأعشاب التى تبدأ فى النمو بسرعة عقب انصهار الجليد ، ذلك الانصهار الذى تكون بسببه كثير من المستنقعات التى تستمر حتى تتجمد مياهها مرة أخرى فى فصل الشتاء ، وتنمو فى هذه المستنقعات بعض الأعشاب المائية مثل حشائش البحر والحلفا .

أما أمطار المناخ القطبى قليلة بصفة عامة وتتكون غالباً من بلورات ثلجية تترام بعد سقوطها على سطح الأرض ، ويتراوح معدل مايسقط منها سنوياً من ٥٠ إلى ٧٠ سنتيمتراً (راجع الجدول رقم ٢٩) .

١١ - ٦ - الأقاليم الصحراوية

حدودها وأقسامها :

إن الصفة الرئيسية التى يتميز بها المناخ الصحراوى كما هو معروف هى قلة الأمطار بدرجة لا تسمح بظهور حياة نباتية طبيعية لها قيمة تذكر من حيث صلاحيتها للرعى أو لأى غرض آخر من الأغراض الاقتصادية المشهورة ، أو لقيام أى نوع من أنواع الزراعة والاستقرار إلا حيثما يمكن استخدام وسائل الرى، سواء بواسطة المياه الجوفية أو مياه الأنهار التى قد تصل إلى المناطق الصحراوية من الأقاليم المطيرة المجاورة لها ، ويلاحظ أن الصحارى ليست عديمة الأمطار تماماً ، بل إنها تتعرض ولو فى فترات متباعدة جداً لسقوط بعض الأمطار التى تأتى فى غالب الأحيان مع عواصف رعد شديدة قد يترتب عليها حدوث سيول جارفة ، وهناك على أى حال حد أعلى لكمية المطر السنوية التى تسقط فى المناخ الصحراوى ، ولكن هذا الحد ليس واحداً فى جميع الأقاليم ، لأن حالة الجفاف التى يتميز بها المناخ الصحراوى لا تتوقف على كمية الأمطار فحسب بل إنها تتوقف كذلك على عوامل أخرى أهمها درجة الحرارة التى لها دخل كبير فى تحديد القيمة الفعلية للأمطار ، ففى أقاليم التندرا مثلاً يندر أن



شكل (٩١) توزيع الصحاري في العالم

تزيد كمية التساقط على ٢٥ سنتيمتراً في السنة ، ومع ذلك فإن هذه الأقاليم لا تعتبر من الأقاليم الجافة لأن التربة السطحية فيها تظل مشبعة بالمياه في فصل الصيف حيث أنها تكون متجمدة في معظم أشهر السنة ويكون التساقط في هذه الأقاليم عبارة عن بلورات ثلجية ، ومعنى هذا أن المياه لاتضيق سواء بالانحدار فوق سطح الأرض أو بالتسرب نحو الباطن ، وحتى في فصل الصيف تظل الطبقات السفلى من التربة متجمدة وتحول بذلك دون تسرب المياه التي تتجمع على السطح نتيجة لانصهار الجليد نحو الباطن ، وثمة مثال آخر أن كمية المطر التي تسقط في بعض مناطق غرب استراليا لاتزيد عموماً على ٢٥ سنتيمتراً ، ومع ذلك فإن زراعة القمح تجود في هذه المناطق لأن سقوط الأمطار يتفق مع الفترة التي يكون فيها النبات في أشد الحاجة للمياه خصوصاً إذا لاحظنا أن ميعاد سقوط هذا المطر لايتغير تغيراً واضحاً من سنة إلى أخرى .

وعلى العكس من ذلك نجد أن كمية المطر التي تسقط في بعض المناطق الصحراوية الحارة قد تصل إلى حوالي ٥٠ سنتيمتراً ، كما هي الحال على حدود السفانا في إفريقيا ، ومع ذلك فإن معظم هذه الكمية تضيع بالتبخر نتيجة لاشتداد درجة الحرارة في فصل الصيف وهو فصل سقوط المطر .

وهكذا نجد أن كمية المطر لا تعتبر في حد ذاتها أساساً طبيعياً دقيقاً لتحديد المناخ الصحراوي ، ولكن أفضل مظهر يمكن الحكم بواسطته على أي إقليم بأنه صحراوي هو النباتات الطبيعية التي تظهر في هذا الإقليم ، لأن هذه النباتات تعتبر خير مقياس للقيمة الفعلية للأمطار .

وقد سبق أن ذكرنا أننا سنحدد المناخ الصحراوي على أساس معامل الجفاف $M = H + 9$ ، ومعناه بعبارة أخرى أن الصحاري توجد في الأقاليم التي تقل فيها كمية المطر (بالسنتيمترات) عن معدل درجة الحرارة المثوية مضافاً إليها معامل ثابت هو ٩ .

أما من حيث درجة الحرارة فمن الواضح أنه لا يوجد للمناخ الصحراوي

حد حرارى معين فالصحارى يمكن أن توجد فى أى إقليم من الأقاليم الحرارية بما فى ذلك الأقاليم القطبية التى سبق أن ذكرنا أنها تمثل نوعا خاصا من الصحارى وكان من الممكن أن ندرس هذه الأقاليم ضمن الأقاليم الصحراوية لولا أننا فضلنا أن ندرسها فى نهاية الأقاليم المناخية العامة لأنها تعتبر فى نفس الوقت نوعا قائما بذاته من الأقاليم المناخية ، وهو نوع يتمشى مع النطاقات المناخية العامة . فإذا ماصرفنا النظر عن هذه الأقاليم (الأقاليم القطبية) نلاحظ أن الأقاليم الصحراوية، سواء منها مايوجد فى العروض الحارة أو مايوجد منها فى العروض الباردة، تشترك كلها فى صفتين أساسيتين هما :

١ - أن المدى السنوى، واليومية للحرارة فيها جميعا مرتفع جداً ، خصوصا فى الصحارى المعتدلة والباردة التى يزيد المدى السنوى . للحرارة فى أغلبها عن ٢٦° مئوية .

٢ - أن فصل الصيف فيها جميعا شديد الحرارة ، وليس هناك فرق كبير بين الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة أو الباردة من هذه الناحية ، ففى صحارى وسط آسيا حتى فى الأطراف الشمالية منها يصل معدل درجة حرارة شهر يوليو فى بعض الأماكن إلى ٥٠° مئوية ، وهو نفس المعدل الذى نجده فى الصحراء الكبرى عموما ، كما أن النهاية العظمى التى تسجل فى صحارى وسط آسيا أو أمريكا الشمالية قد ترتفع إلى نفس المعدل الذى ترتفع إليه فى الصحراء الكبرى وهو ٦٥° مئوية . وقد دلت الإحصاءات على أن أعلى درجات حرارة سجلت فى العالم كله كانت فى الوادى المعروف باسم وادى الموت بكاليفورنيا على خط عرض ٣٦° شمال خط الاستواء^(١) .

ولكن على الرغم من التشابه الذى رأينا أنه يوجد بين الأقاليم الصحراوية فى فصل الصيف ، فإن المعدلات الحرارية لندس الشتاء تدل على وجود اختلافات واضحة بين الصحارى الواقعة فى العروض الحارة والصحارى الواقعة فى العروض المعتدلة أو الباردة ، فإذا أخذنا مثلا المعدلات الحرارية لشهر يناير فى

(١) A. Austin Miller, Ibid. p. 252.

عدد من الأماكن الصحراوية. الواقعة على خطوط عرض مختلفة عدد ٦ - تراوح ما بين ٦° و ٢٤° مئوية ، ولهذا السبب فإننا نرى أن المعدلات الحرارية فصل الشتاء هي أصلح الأسس التي يمكن الاعتماد عليها لتقسيم المناخ الصحراوي إلى أنواعه الرئيسية ، وعلى هذا الأساس يمكننا أن نقسم الصحاري إلى ثلاثة أنواع (غير النوع القطبي الذي سبق الكلام عليه) وهي :

١ - صحاري حارة ، وفيها لا ينخفض المعدل الحراري في أي شهر من الشهور عن ١٣° مئوية (٥٥,٤° ف) .

٢ - صحاري معتدلة ، وفيها لا ينخفض المعدل في أي شهر من الشهور عن ٦° مئوية .

٣ - صحاري باردة وفيها ينخفض المعدل في بعض الشهور عن درجة التجمد .

١١ - ٦ - ١ - الصحاري الحارة :

ليس من شك في أن الصحراء الكبرى بإفريقية وامتدادها في شبه الجزيرة العربية بغرب آسيا هي أعظم الصحاري الحارة، بل أعظم الصحاري عموماً من حيث الاتساع ، حيث أن مساحتها تزيد على ثلاثة ملايين من الأميال المربعة وتدخل ضمن الصحاري الحارة كذلك صحراء ناميبيا و صحراء كلهاري في جنوب إفريقيا، ثم الصحاري التي تشغل معظم قارة استراليا، و صحاري المكسيك وأريزونا في أمريكا الشمالية، و صحراء أتكاما في غرب أمريكا الجنوبية .

وإذا قلنا نظرة عامة على توزيع هذه الصحاري نلاحظ أنها تتسع بصفة خاصة في شمال إفريقيا وفي استراليا ، والسبب في ذلك هو أن هاتين القارتين تتسعان اتساعاً واضحاً في العروض المدارية، ولا شك في أن اتصال إفريقيا بكتلة آسيا من ناحية الشرق قد ساعد كثيراً على عظم امتداد الصحاري بها، كما أن امتداد سلاسل الجبال الرئيسية باستراليا بمحاذاة سواحلها الشرقية قد حال دون توغل الرياح الممطرة نحو الأجزاء الوسطى والغربية وساعد بذلك على ظهور

جدول رقم (٢٠)

معدلات الحرارة والأمطار في بعض محطات

الأقاليم الصحراوية الحارة وهي :

- ١ - أسوان - 23° شمالا و 33° شرقا ، ١٠ أمتار فوق سطح البحر .
- ٢ - عين صالح (الجزائر) - 27° شمالا و 2° شرقا ، ٢٨٠ متراً فوق سطح البحر .
- ٣ - يوما Yuma (أريزونا) - 23° شمالا و 115° غربا ، ٤٣ متراً فوق سطح البر .

(أ) درجة الحرارة (مئوية)

السنه	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أسوان :	١٥	١٧	٢١	٢٦	٢٩	٢٢	٣٣	١٢	٣٠	٢٨	٢٢	١٧
عين صالح :	١٦	١٧	٢٢	٢٧	٣١	٢٢	٣٢	٣٢	٢١	٢٨	٢٣	١٧
يوتا :	١٣	١٥	١٨	٢١	٣١	٢٩	٣٣	٣٢	٢٩	٢٢	١٦	١٣

(ب) الأمطار (مستمترات)

السنه	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أسوان :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
عين صالح :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
يوتا :	١	١	١	-	-	-	-	١	١	١	١	١

مساحات صحراوية واسعة في هذه القارة إلى الغرب من نطاق الجبال ، ومثل هذا يقال أيضا عن جنوب إفريقية حيث نجد أن الحافة المرتفعة للهضبة تمتد بحذاء الساحل الشرقى للقارة ، ووجود هذه الحافة هو الذى يحول دون توغل معظم الرياح الممطرة نحو الغرب مما أدى إلى ظهور صحراء كاهارى وصحراء ناميبيا .

أما في أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية فإن المناخ يختلف عن ذلك ، ففي أمريكا الشمالية نجد أن اليابس يضيق بشكل فجائى تقريبا إلى الجنوب من خط عرض 30° شمالا ، ويكون أثر البحار المجاورة وهى خليج المكسيك في الشرق والمحيط الهادى في الغرب واضحا في مناخ الأطراف الجنوبية للقارة مما أدى إلى حصر المناخ الصحراوى الحار في الأجزاء الداخلية من هذه الأطراف .

أما في أمريكا الجنوبية فنجد أن امتداد سلاسل جبال الإنديز بجوار سواحلها الغربية قد حصر المناطق الصحراوية فيها في الشريط الضيق الموجود بين هذه الجبال والساحل ، كما هي الحال في بيرو وشمال شيلي ، بينما تجد الرياح الشرقية الطريق أمامها مفتوحا لإسقاط أمطارها على مناطق واسعة من شرق القارة .

النوع الساحلى من الصحارى الحارة :

على الرغم من أن الصحارى الحارة عموما تتميز بمناخها القارى المتطرف فإن الأجزاء الساحلية منها تتميز بأن اثر البحار يعمل على تلطيف مناخها من عدة وجوه ، بحيث يمكننا أن نعتبر هذه الأجزاء نوعا خاصا من الصحارى الحارة ، وهو النوع الذى سنطلق عليه اسم النوع الساحلى .

وهو يمثل فى أشرطة ضيقة من السواحل الغربية للصحارى الحارة فى إفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا ، ومن أهم الصفات التى تميز الصحارى الساحلية الحارة ما يأتى :

١ — انخفاض المدى السنوى لدرجة الحرارة انخفاضاً كبيراً عنه فى الأجزاء الداخلية ، ففي فصل الصيف يندر أن يرتفع معدل درجة الحرارة على الساحل فى أى شهر من الشهور عن 20° مئوية ، كما يندر أن ينخفض هذا المعدل من ناحية أخرى فى أى شهر من أشهر فصل الشتاء عن 15° ، ومعنى ذلك أن المدى السنوى : لدرجة الحرارة قلما يزيد على خمس درجات ، مع العلم بأنه يرتفع فى معظم الأجزاء الداخلية إلى أكثر من عشرين درجة .

أما المدى اليومى قلما يزيد على الساحل عن عشر درجات مقابل ثلاثين درجة أو أكثر فى الداخل . وبينما نجد أن درجة الحرارة قد ترتفع فى الداخل إلى حوالى 49° مئوية فى بعض أيام فصل الصيف نجد أنها لا تزيد مطلقا على 38° فى المناطق الساحلية .

ومن المظاهر التى يجب ملاحظتها أن هناك تيارات مائية باردة تمر بجوار السواحل الغربية للصحارى الحارة ، وهى تيار غرب أستراليا ، وتيار الكناريا

تيار بنجويلا في غرب إفريقيا، ثم تيار كاليفورنيا وتيار همولت في غرب أمريكا الجنوبية، ومن الواضح أن وجود هذه التيارات الباردة يعتبر من العوامل المهمة التي تساعد على خفض درجة الحرارة في المناطق الساحلية في فصل الصيف، وخصوصاً إذا لاحظنا أن الرياح التجارية التي تسود في مناطق الصحاري الحارة تخرج عموماً من ناحية اليابس فتعمل باستمرار على دفع الطبقة السطحية الدافئة نسبياً من مياه البحر بعيداً عن الشاطئ، وهذا يؤدي إلى كشف طبقات أخرى جديدة أبرد نسبياً من الطبقات السطحية.

وبمقارنة درجات الحرارة في بعض المحطات الواقعة على طول بعض السواحل الصحراوية التي تمتد من الشمال إلى الجنوب أن الفروقات بين هذه الدرجات ليست كبيرة مما يدل على أن تأثير البحر على درجة حرارة هذه السواحل يفوق كثيراً أثر الموقع بالنسبة لخط العرض، كما يظهر من الجدول رقم (٣١).

جدول رقم (٣١)

. درجات الحرارة في بعض محطات الصحاري الساحلية على خطوط عرض مختلفة

المحطة	خط العرض	أبرد الشهور	أشد الشهور
كالار (بيرو)	١٢° جنوباً	١٧	٢٢
أريكا (شيلي)	١٨° جنوباً	١٧	٢٢
إيكيك (شيلي)	٢٠° جنوباً	١٦	٢١
أنرفاجاستا (شيلي)	٢٣° جنوباً	١٧	٢٢
خليج والفس	٢٣° جنوباً	١٤	١٩
(جنوب غرب إفريقيا)	٢٧° جنوباً	١٥	٢٠

ويمكننا أن ندرك نفس هذه الظاهرة بوضوح كذلك إذا نظرنا إلى خريطة لخطوط الحرارة المتساوية، حيث نلاحظ أن هذه الخطوط تمتد موازية للساحل تقريباً لمسافات طويلة.

ولكن بينما نجد أن الاختلاف في درجة الحرارة لا يكون كبيراً بين البلاد الواقعة على طول الساحل بهذا الشكل، فإن الاختلاف يكون كبيراً جداً بين المحطات الساحلية والمحطات الأخرى الواقعة في الداخل على نفس خط العرض.

تقريباً ، وذلك بعد أن نأخذ في اعتبارنا الفرق الناتج عن أثر التصاريح .
ويظهر هذا واضحاً من الجدول رقم (٣٢) .

٢ - الفرق الثاني بين الصحاري الساحلية الحارة والصحاري الداخلية هو ارتفاع نسبة الرطوبة وكثرة الضباب في الأولى بشكل واضح ، وهذا أمر طبيعي يرجع إلى تأثير البحر على مناخ هذه السواحل . فعلى ساحل خليج والفس في جنوب غرب إفريقيا مثلاً يبلغ معدل الرطوبة النسبية في يناير (الصيف) حوالي ٨٥٪ وفي يوليو حوالي ٧٧٪ ، كما تبلغ في رأس جوني على ساحل الصحراء الكبرى المطل على المحيط الأطلسي حوالي ٨٢٪ في يناير (الشتاء) و ٩١٪ في يوليو ، أما في الداخل فتتخفص الرطوبة كثيراً عن ذلك ، ففي أسوان نجد أنها تبلغ حوالي ٤٦٪ فقط في شهر يناير و ٣٠٪ في شهر يوليو .

الجدول رقم (٣٢)

مقارنة بين معدلات الحرارة على سواحل الصحاري الحارة وفي داخلها
(المقارنة بين محطة على ساحل الصحراء الكبرى وأخرى في داخلها وبين
محطة على ساحل صحراء ناميبيا وأخرى في داخلها)

(أ) كيب جوني (رأس جوني) في رودور على الساحل الشمالي الغربي لإفريقية على خط عرض ٢٨° شمالاً وخط طول ١٣° غرباً ، وهي في مستوى سطح البحر ، وعين صالح في الجزائر إلى الشرق من رأس جوني بنحو ٢٣٠ كيلومتراً وعلى خط عرض ٢٧° شمالاً وخط طول ٢ شرقاً وعلى ارتفاع ٢٨٠ متراً فوق سطح البحر .

(ب) خليج والفس في إفريقيا الجنوبية الغربية على خط عرض ٢٣° جنوباً وخط طول ١٤° شرقاً ، ويندهوك Windhoek إلى الشرق من الساحل بنحو ٥٦٠ كيلومتراً على خط عرض ٢٢° جنوباً وخط طول ١٧° شرقاً وعلى ارتفاع ١٦٥٠ متراً فوق سطح البحر

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدة
١٦	١٦	١٧	١٨	١٨	٢٠	٢٠	٢٠	٢١	٢٠	١٨	١٧	٥
١٣	١٥	٢٠	٣٠	٢٤	٢٦	٢٦	٢٣	٢٧	٢٥	٢٠	١٤	٢٠
١٩	٠٩	١٩	١٨	١٧	١٦	١٤	١٤	١٤	١٥	١٧	١٨	٥
٢	٢٩	٣٩	١٩	١٦	١٣	١٣	١١	١١	٢١	٢٢	٢٣	١١

ويكثر الضباب في معظم أيام السنة على طول السواحل بل إنه يعتبر من الظواهر الطبيعية المستمرة في بعض الأماكن . ويلاحظ في معظم المناطق أن الضباب يزداد بصفة خاصة في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف، كما يزداد أثناء الليل عنه أثناء النهار ، وذلك على الرغم من ازدياد التبخر في الصيف وكذلك أثناء النهار تبعاً لارتفاع درجة الحرارة ، والسبب في ذلك هو أن برودة اليابس في الشتاء وأثناء الليل تساعد على تكثف بخار الماء العالق بالهواء أما في فصل الصيف : أثناء النهار فإن ارتفاع درجة حرارة اليابس يعمل على تبديد الضباب بسرعة كلما ابتعدنا عن الساحل نحو الداخل ، حتى أنه لا يستطيع أن يتوغل في اليابس إلا لمسافات محدودة ، فهو لا يتخطى السلاسل الجبلية في بيرو وشيلي كما لا يتوغل في صحراء ناميبيا في جنوب غرب إفريقية إلى أكثر من مائة كيلومتر .

وعلى الرغم من ارتفاع نسبة الرطوبة في هواء السواحل الصحراوية الحارة فإن كمية هذه الرطوبة ليست كبيرة بسبب مرور الهواء الذي قد يهب من البحر على مياه التيارات الباردة ولذلك فإن هذه الرطوبة لا تكفى لإسقاط أمطار تذكر على هذه السواحل خصوصاً إذا لاحظنا أن اليابس يكون عموماً شديد الحرارة وأن هذا يؤدي إلى تناقص نسبة الرطوبة كلما ابتعدنا عن البحر نحو قلب الصحراء ، وتلعب الظروف المحلية مع ذلك دوراً مهماً في تحديد كمية المطر، ففي بيرو وجنوب غرب إفريقية وجنوب كاليفورنيا نجد أن الرياح التي تهب من ناحية الشرق تهبط نحو هذه الصحارى من المرتفعات التي تشرف عليها ، فيؤدي هبوطها إلى ارتفاع درجة حرارتها وانخفاض نسبة الرطوبة بها ، ولهذا فإن كمية المطر لا تزيد في كل هذه المناطق على ثلاثة سنتيمترات في السنة ، أما في غرب استراليا فإن كمية المطر تزيد كثيراً عن ذلك حيث تصل إلى حوالي ٢٢ سنتيمتراً على الساحل الممتد من أقصى الجنوب حتى خط عرض ٤٦° جنوباً، كما تسقط مثل هذه الكمية على ساحل شيلي وجنوب غرب إفريقية من أقصى جنوبها حتى خط عرض ٣٣° جنوباً .

١١ - ٦ - ٢ - الصحارى المعتدلة

تمثل هذه الصحارى في مناطق كثيرة في قارة آسيا بسبب اتساعها العظيم في العروض المعتدلة ، كما أنها تمثل كذلك في بعض الأحواض المحصورة بين سلاسل جبال روكى في أمريكا الشمالية مثل صحراء الحوض العظيم . وفي أمريكا الجنوبية نجد كذلك أن الصحارى المعتدلة تمثل في شمال هضبة باتاجونيا التي تكونت بسبب وجود جبال الإنديز إلى الغرب منها ، حيث أن هذه الجبال تحول دون وصول الرياح والأعاصير الممطرة إليها من ناحية الغرب إلا أن صحراء باتاجونيا تتميز عن نظيراتها في آسيا بأن مناخها يتأثر تأثيراً واضحاً بالمحيط الأطلسي الممتد إلى الشرق منها بحيث أصبحت له بعض الصفات البحرية الخاصة به من حيث ارتفاع نسبة الرطوبة وصغر المدى الحرارى خصوصاً في المنطقة المجاورة للمحيط الأطلسي .

وتشغل الصحارى المعتدلة في آسيا نطاقاً عظيماً يبدأ في سوريا وشمال فلسطين في الغرب ويمتد نحو الشرق عبر الأردن والعراق وإيران ، وكذلك الصحارى الممتدة حول بحر قزوين والصحارى الواقعة إلى الشرق منها حتى سلاسل جبال خنجان في الشرق ، ويلاحظ أن بعض هذه الصحارى عبارة عن أحواض محصورة بين سلاسل جبلية مرتفعة ، ويختلف اتساعها من منطقة إلى أخرى ، ومن أمثلتها حوض تاريم وأحواض هضبة التبت ، وليس من شك في أن وجود السلاسل الجبلية المرتفعة حول هذه الأحواض يعتبر عاملاً مهماً من العوامل التي ساعدت على ظهور المناخ الصحراوى فيها لأنه قلل من فرصة وصول الرياح الممطرة إليها من أى جهة من الجهات ، ومع ذلك فإن المياه التي تنحدر على جوانب الجبال قد ساعدت على ظهور عدد من الواحات بالقرب منها ، وتستفيد هذه الواحات من المياه التي تنحدر على جوانب الجبال مباشرة وكذلك من المياه التي تتجمع في طبقات التربة ولا تختلف الظروف في صحراء الحوض العظيم بأمريكا الشمالية عنها في الأحواض الصحراوية بوسط

آسيا ، حيث أن الخوض العظيم محاط كذلك بسلاسل جبلية تحول دون وصول الرياح المطيرة إليه من أى ناحية .

ولكن يلاحظ أن بعض الصحارى الموجودة بين سلاسل الجبال يكون مستوى سطحها مرتفعا بدرجة يترتب عليها انخفاض المعدلات الحرارية لبعض أشهر فصل الشتاء عنها في بقية الصحارى المعتدلة ، ويمكننا أن نضم مثل هذه الصحارى إلى النوع البارد من الأقاليم الصحراوية ، وهو النوع الذى ستتكلم عليه فيما بعد . ويختلف موسم سقوط الأمطار في صحارى آسيا من الغرب إلى الشرق تبعاً لاختلاف موسم سقوط الأمطار في الأقاليم المجاورة ، ففى

صحارى سوريا والعراق وإيران والصحارى الواقعة حول بحر قزوين وبحر آرال يسقط أكثر من ٨٠٪ من الأمطار القليلة التى تصيب هذه الصحارى في نصف السنة الشتوى ، وذلك لأن مثل هذه الصحارى تتأثر بمظاهر مناخ البحر المتوسط التى تسود إلى الغرب منها ويتبين هذا من توزيع الأمطار في كل من تدمر بالصحراء السورية وبغداد (أنظر الجدول رقم ٣٣) ، وعلى العكس من ذلك نجد أن الأمطار القليلة التى تسقط في صحراء جوى وصحراء تاكلاما كان تأتى في نصف السنة الصيفى ، وذلك لأن مناخ هاتين المنطقتين يعتبر امتداداً لمناخ الاستبس الذى تسقط معظم أمطاره في هذا النصف من السنة .

١١ - ٦ - ٣ - الصحارى الباردة

تشغل هذه الصحارى نطاقاً يمتد إلى الشمال من نطاق الصحارى المعتدلة في آسيا ، ويمكننا أن نضم إليه بعض الصحارى التى تقع على مستويات مرتفعة وسط سلاسل جبال الهيمالايا حيث أن ارتفاع مستواها يؤدي إلى انخفاض المعدلات الحرارية عليها في بعض أشهر الشتاء عن ٦° مئوية .

ولا تختلف ظروف الصحارى الباردة اختلافاً كبيراً عن ظروف الصحارى

جدول رقم (٣٢)

معدلات الحرارة والأمطار (بالدرجات المئوية)
في بعض بلاد الصحارى المعتدلة وهي :

- ١ — قلزم — ٢٥° شمالا و ٢٨° شرقا ، ٤٠٥٠ متراً فوق سطح البحر .
- ٢ — بغداد — ٣٣° شمالا و ٤٤° شرقاً ، ٣٤ متراً فوق سطح البحر .

(أ — الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدة
٧	٩	١٣	١٩	٢٤	٢٧	٢٩	٢٩	٢٦	٢٢	١٥	٨	٢٢
٩	١١	١٦	٢٢	٢٨	٣٢	٣٤	٣٤	٣١	٢٤	١٧	١١	٢٥

قلزم :

بغداد :

(ب — معدلات المطر (بالسمتات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
٣	٢	١	١	١	—	—	—	—	١	١	٣	١٣
٣	٣	١	١	١	—	—	—	—	—	٣	٣	١٥

قلزم :

بغداد :

المعتدلة إلا في انخفاض درجة الحرارة في فصل الشتاء خصوصا على الأطراف الشمالية التي تقع على حدود إقليم التندرا ، وأهم ما يميز هذه الصحارى عن النوعين الآخرين أن درجة الحرارة تنخفض فيها في فترة من السنة إلى مادون درجة التجمد ، وفيما عدا ذلك نجد أن بقية مظاهر المناخ لا تختلف كثيرا عنها في الصحارى المعتدلة من حيث ارتفاع درجة حرارة فصل الصيف وارتفاع المدى السنوي واليومي لدرجة الحرارة . وتسقط معظم أمطار الصحارى الباردة في فصل الصيف تبعا لنظام سقوط المطر في مناطق الاستبس المجاورة لها .

ويلاحظ أن هذا النوع من الصحارى لا يمثل في نصف الكرة الجنوبي إلا في جنوب صحراء بتاجونيا ، ولكن نظرا لأن هذه الصحراء واقعة في الطرف الجنوبي من أمريكا الجنوبية وهو أصيب أجزاء القارة فإن تأثير البحر على درجة الحرارة يؤدي إلى خفض المدى السنوي والمدى اليومي بالنسبة لهما في صحارى وسط آسيا .

وبين الجدول رقم (١٩) معدلات الحرارة والأمطار في بعض البلاد الواقعة في الصحارى الباردة .

جدول رقم (٣٤)
معدلات الحرارة والأمطار
في بعض البلاد الواقعة في الصحارى الباردة وهي :

- ١ — أرغيز (روسيا) — 49° شمالا و 61° شرقا ، ١١٠ أمتار فوق سطح البحر .
- ٢ — استراخان (روسيا) — 46° شمالا و 48° شرقا ، ١٤٠ مترا فوق سطح البحر .
- ٣ — سانتا كروز (باتاجونيا) — 50° جنوبا و 69° غربا ، ٢٣ مترا فوق سطح البحر .

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

المدى	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
١ —	١٦ —	١٦ —	٧	٧	١٧	٢٢	٢٤	٢٣	١٥	٦	٣	١٢
٢ —	٧ —	٦ —	مفر	٩	١٨	٢٣	٢٥	٢٣	١٧	١٠	٣	٣٢
٣ —	١٦	١٤	١٢	٩	٥	١	١	٣	٦	٩	١٣	١٥

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

المدى	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
١ —	٢	١	١	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	٢
٢ —	١	١	١	١	٢	٢	١	١	١	١	١	١
٣ —	١	١	١	٢	٢	١	٣	١	١	١	١	٣

مناخ إفريقيا

١٢ - ١ - العوامل التي تؤثر في مناخ القاره

أولا - موقع القارة وشكلها

ثانيا - التيارات البحرية

ثالثا - التضاريس

رابعا - توزيع الضغط الجوي على القاره

خامسا - الكتل الهوائية التي تؤثر في مناخ القاره

١٢ - ٢ - الأقسام المناخية لإفريقيا

١٢ - ٢ - ١ - الأقاليم الحارة

أ - المناخ الاستوائي

ب - المناخ المدارى القارى

ج - المناخ المدارى البحرى

د - المناخ المدارى الصحراوى

١٢ - ٢ - ٢ - المناخ المعتدل الدافئ

أ - مناخ البحر المتوسط

ب - مناخ ناتال

ج - المناخ المعتدل الدافئ الموسمى

مناخ افريقية (عرض موجز)

١٢ - ١ - العوامل التي تؤثر في مناخ القارة :

أولا - موقع القارة وشكلها :

تتميز إفريقية عن غيرها من القارات بأن خط الاستواء يمر في منتصفها تقريبا ، بمعنى أن البعد بين هذا الخط وبين ساحلها الشمالي يكاد يساوي البعد بينه وبين ساحلها الجنوبي ، إذ أن القارة تمتد على وجه التقريب ما بين خطي عرض ٣٥° شمالا و ٣٧° . . با ، وكان من نتائج هذا الموقع أن أصبح معظم القارة داخلا في نطاق الأقاليم الحارة ، كما أصبح ترتيب فصول السنة في قسمها الشمالي مخالفا له في قسمها الجنوبي . وتعتبر إفريقية في الواقع أشد القارات حرارة ، فإذا ما استثنينا الأطراف الشمالية والجنوبية لهذه القارة ، وكذلك المناطق الجبلية المرتفعة فيها ، ومن أهمها منطقة جبال أطلس وهضبة الحبشة وغيرها نجد أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة في معظم أجزائها يزيد على ٣٠° مئوية .

ويتأثر مناخ القارة فضلا عما تقدم بتوزيع الماء واليابس من حولها ، فينبغي أن نذكر أن أوراسيا تؤثر تأثيرا واضحا على مناخ الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية نجد أن هذا التأثير لا يكاد يظهر في المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء ، اللهم إلا في مناطق محدودة في شرق القارة ، وفيما عدا ذلك نلاحظ أن القسم الجنوبي تحيط به من الشرق والغرب والجنوب مساحات مائية عظيمة . الاتساع تحول دون وصول المؤثرات القارية إلى هذا القسم من أي اتجاه من هذه الاتجاهات نتيجة ، وإن كان هذا لا يمنع بطبيعة الحال من أن

تكون بعض الأجزاء الداخلية في هذا القسم ذات مناخ قارى بسبب بعدها النسبى عن البحار ، خصوصا إذا لاحظنا أن هناك مناطق مرتفعة تفصل بين هذه الأجزاء وبين الساحل .

وتعتبر قارة إفريقية ثانى قارة في العالم من حيث الاتساع بعد قارة آسيا ، وتبلغ مساحتها حوالى ثلاثين مليوناً من الكيلومترات المربعة ، كما أنها تتميز عن بقية القارات بقلة تعاريج سواحلها قلة ظاهرة بدرجة لاتظهر في أى قارة أخرى . وقد كان اتساع القارة بهذا الشكل مع قلة تعاريج سواحلها من أهم العوامل التى جعلت المؤثرات البحرية لاتتوغل فيها إلا لمسافات محدودة جداً ، خصوصا في القسم الشمالى منها لأنه أعظم اتساعا بكثير من قسمها الجنوبى ، فإذا أضفنا إلى ذلك صغر مساحة البحر الأحمر والبحر الأبيض المتوسط بالنسبة للمحيطات عامة أمكننا أن ندرك السبب في أن معظم شمال إفريقيا تحتله أعظم صحارى العالم اتساعا وأشدّها جفافا . أما في الجنوب فإن ضيق القارة وعدم وجود مساحات من اليابس قريبة منها قد أدى إلى صغر المساحة التى يظهر فيها المناخ الصحراوى في هذا القسم بخلاف الحال في الشمال .

ثانياً - التيارات البحرية :

يتأثر مناخ السواحل الشرقية والسواحل الغربية للقارة ببعض التيارات البحرية التى لا يقتصر أثرها على درجة حرارة هذه السواحل ، بل يظهر كذلك في رطوبة الجو وما يتبع هذه الرطوبة من مظاهر التكثف المختلفة ، ففي الغرب نجد أن تيارى الكناريا في الشمال وينجويلا في الجنوب قد ساعدت كثيراً على خفض درجة الحرارة على السواحل التى يمرن بها ، ويظهر أثر تيار الكناريا على طول الساحل الممتد ما بين بوغاز جبل طارق في الشمال وخط عرض ١٢° شمالاً في فصل الشتاء أو خط عرض ١٧° في فصل الصيف في الجنوب (تبعاً لترجح المناطق الحرارية العامة) ، وأهم الآثار المناخية لهذا التيار البارد هى خفض درجة الحرارة على السواحل التى يمر بها وزيادة احتمال ظهور الضباب ،

كما أن هذا التيار يعتبر عاملاً مهماً في قلة الأمطار على نفس السواحل ويمكننا أن ندرك مبلغ تأثير تيار الكناريا على درجة الحرارة إذا عرفنا أن درجة حرارة الهواء الذى يقع فوقه مباشرة قد تقل كثيراً عن درجة حرارة الهواء على مسافة قصيرة في الداخل على نفس خط العرض . ويزداد الفرق بصفة خاصة في فصل الصيف نتيجة لاشتداد درجة حرارة اليابس . وتعمل الرياح التجارية الشمالية الشرقية وهى الرياح السائدة في شمال القارة على خفض درجة حرارة المياه الساحلية بطريقة غير مباشرة ، حيث أنها تعمل باستمرار عند خروجها من اليابس على إزاحة الطبقة السطحية من المياه المجاورة للساحل ودفعها بعيداً عنه فتكشف بذلك الطبقة التى تحتها والتى تكون درجة حرارتها أقل من المياه السطحية ، ولهذا فإن معدل درجة حرارة مياه الساحل تظل منخفضة بصفة عامة ولا تزيد في أى شهر من شهور السنة عن ١٨° مئوية ، بينما يزيد المعدل في كثير من الأجزاء الداخلية في الصحراء عن ٣٢° في أشهر الصيف .

ولا يقل أثر تيار بنجويلا على مناخ القسم الجنوبي من الساحل الغربى عن أثر تيار الكناريا في الشمال فهو يعمل كذلك على خفض درجة حرارة السواحل التى يمر بها بصورة واضحة فضلاً عن أنه يساعد على كثرة ظهور الضباب وقلة الأمطار على هذه السواحل . وليس من شك في أن وجود تيارى الكناريا وبنجويلا الباردین يعتبر من العوامل المهمة التى ساعدت على امتداد المناخ الصحراوى في شمال إفريقيا وجنوبها نحو الغرب للدرجة أن هذا المناخ يصل إلى ساحل المحيط الأطلسى مباشرة . ويلاحظ أن أثر تيار بنجويلا يظهر على الساحل الغربى لإفريقية الجنوبية ما بين خط الاستواء في الشمال ورأس الرجاء الصالح في الجنوب .

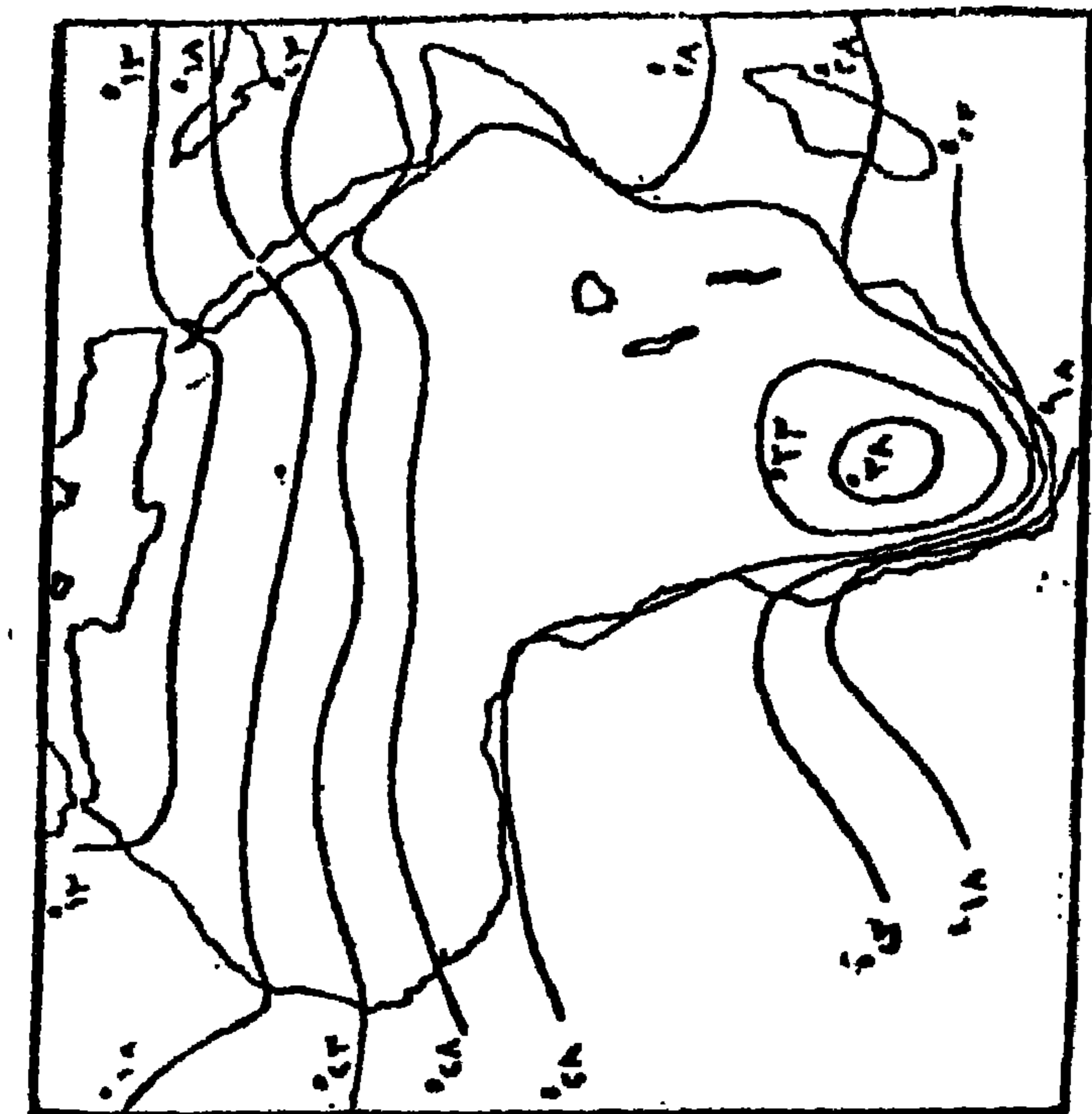
والى جانب تيارى الكناريا وبنجويلا الباردین يتأثر الساحل الغربى لإفريقية بتيار آخر دافئ يعرف باسم تيار غانة ، وهو تيار استوائى يظهر على الساحل الممتد بين النقطتين اللتين ينتهى عندهما أثر التيارين السابقين ، أى ما بين خط الاستواء تقريبا وخط عرض ١٢° شمالاً في الشتاء و ١٧° شمالاً أيضاً في

الصيف ، ويزيد معدل درجة حرارة مياه هذا التيار على ٢٦° مئوية ، ولهذا فإنها تكون عاملاً مساعداً على رفع درجة الحرارة وزيادة كمية بخار الماء على السواحل التي تمر بها .

وإذا انتقلنا إلى الساحل الشرقى نلاحظ أن نظام التيارات البحرية يختلف في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف ، وذلك لأن التيارات البحرية في القسم الشمالى من المحيط الهندي تتأثر باتجاه هبوب الرياح الموسمية التي تخرج من القارة الآسيوية نحو المحيط في فصل الشتاء والعكس في فصل الصيف ، إلا أن هذا الأثر لا يكون واضحاً بالنسبة للتيارات البحرية التي توجد إلى الجنوب من خط الاستواء ، فإلى الجنوب من هذا الخط يحوالى ١٥° تقريباً يتحرك « تيار استوائى » ضخيم من الشرق إلى الغرب ، وعندما يصطدم هذا التيار بالساحل الشرقى لإفريقية (عند رأس دلجادو Delgado) ينقسم إلى قسمين أحدهما يتجه شمالاً ، أما الثانى فيتجه نحو الجنوب ، ويستمر هذا القسم الأخير في حركته حتى يصل إلى رأس الرجاء الصالح ، وهنا يلتقى بتيار بنجويلا الذى سبق ذكره ، وهذا التيار هو الذى يشتهر باسم تيار موزمبيق الحار ، وتتراوح درجة حرارة مياهه في فصل الصيف (يناير) ما بين ٣٠° مئوية عند نهايته الجنوبية و ٣٨° عند بدايته الشمالية . أما في فصل الشتاء (يوليو) فتتراوح درجة حرارة مياه هذا التيار في نفس المكانين بين ١٧° و ٢٦° . وبمقارنة هذا التيار بتيار بنجويلا المقابل له على الساحل الغربى نجد أن درجة حرارة مياه التيار الأول تزيد في المتوسط بنحو ٦ درجات مئوية عن درجة حرارة مياه التيار الثانى . ويلاحظ أن قسماً من تيار موزمبيق ينحرف في شمال جزيرة مدغشقر يمر بالسواحل الشرقية لهذه الجزيرة مما يساعد أيضاً على تدفئتها وعلى زيادة بخار الماء العالق بهوائها . أما القسم الذى يتجه نحو الشمال (من التيار الاستوائى الضخم) فيصل في جوله إلى خط الاستواء ثم يختلف اتجاهه بعد ذلك في القسم الواقع إلى الشمال من هذا الخط على حسب نظام الرياح

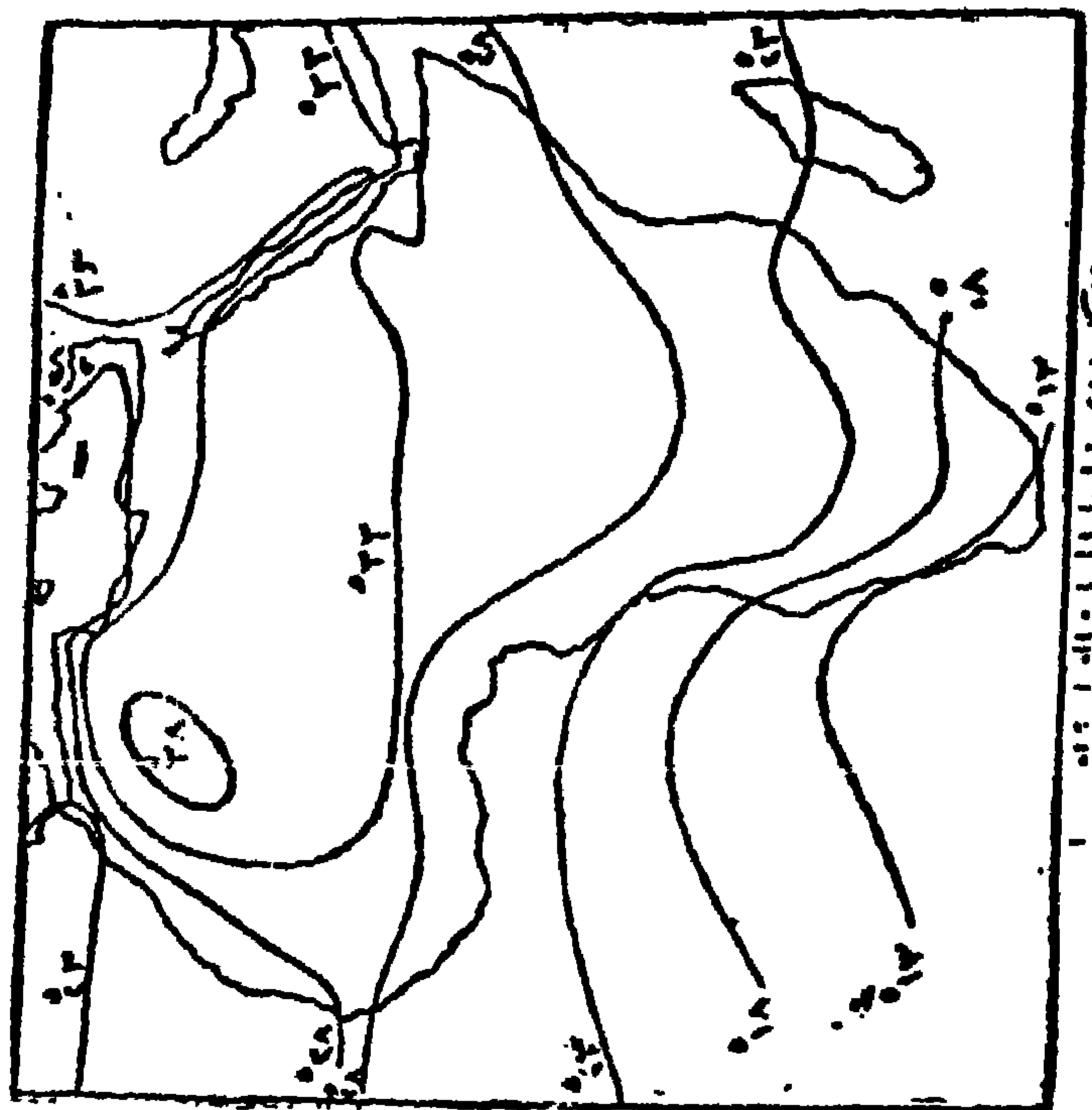
الموسمية ، ففي فصل الصيف تعمل الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التي تتجه نحو آسيا على دفع مياه هذا التيار أمامها نحو الشمال إلى البحر العربي ومن ثم يسير التيار أمام سواحل إيران الجنوبية وسواحل الهند وبنغال وغرب الملايو في حركة متفقة في اتجاهها مع حركة عقرب الساعة. وتبلغ سرعة التيار أمام سواحل الصومال شمال خط الاستواء أكثر من ٦ كيلومترات في الساعة وتكون درجة حرارة مياهه في هذه المنطقة مرتفعة حتى أنها تصل عند السطح إلى حوالي ٢٨° مئوية أو أكثر ، وقد ترتفع إلى ٢٩° في شهري أبريل ومايو ، ولكن هناك ملاحظة مهمة يجب ألا نهملها عند الكلام على أثر هذا التيار البحري على مناخ الساحل الشرقي لإفريقية والساحل الجنوبي لشبه الجزيرة العربية . وهذه الملاحظة هي أن درجة حرارة المياه أمام هذه السواحل تكون عادة أقل من درجة حرارة المياه في داخل المحيط بعيدا عن الشاطئ؛ طول السنة، ويزداد الفرق بصفة خاصة في مايو وأبريل حيث تكون المياه الساحلية أبرد بنحو ثلاث درجات مئوية من مياه الداخل. ويرجع ذلك إلى أن المياه السطحية للتيار تميل للانحراف بعيدا عن الساحل خصوصا عند اشتداد الرياح الموسمية الجنوبية الغربية فيؤدي هذا إلى حدوث حركة انبثاق تؤدي إلى رفع المياه السفلية إلى أعلى في الأجزاء الملاصقة للساحل ، وتكون هذه الظاهرة واضحة بصفة خاصة أمام الساحل الإفريقي مباشرة حوالي خط عرض ١٠° عند هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، ومن المرجح أن برودة المياه الساحلية بهذا الشكل تعتبر من العوامل التي تساعد على جفاف إقليم الصومال وجنوب شرق شبه الجزيرة العربية .

أما في فصل الشتاء فينقلب نظام التيارات البحرية في شمال خط الاستواء ، ويبدأ هذا الانقلاب في شهر نوفمبر عندما يبدأ هبوب الرياح الموسمية الشتوية من ناحية آسيا ، حيث تؤدي هذه الرياح إلى تحرك المياه على طول الساحل الجنوبي لآسيا في اتجاه مضاد لاتجاه حركة عقرب الساعة ، وتستمر هذه المياه في حركتها مع ساحل القرن الإفريقي حتى تصل إلى خط الاستواء ، ويكون



شكل (٩٦) خطوط الحرارة المتساوية لشهر مايو

شكل (٩٦)
خطوط الحرارة المتساوية
لشهر مايو



شكل (٩٧) خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو

شكل (٩٧)
خطوط الحرارة المتساوية
لشهر يوليو

اتجاه حركة تيار الماء أمام هذا الساحل من الشمال الشرقى ، وتكون درجة حرارة مياهه أقل من درجة حرارة مياه الأجزاء الداخلية من المحيط بحوالى درجة ونصف درجة مئوية ، وترتفع هذه البرودة النسبية إلى عاملين هما برودة فصل الشتاء نفسه بالإضافة إلى أن المياه تتحرك نحو خط الاستواء ، أى نحو مناطق أشد حرارة من المناطق التى تأتى منها .

ويستمر نظام التيارات بهذا الشكل حتى شهر فبراير ، وعلى الرغم من أن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية لا تكون عندئذ قد بدأت هبوبها بعد فإن دورة التيارات البحرية تبدأ فى الانعكاس فى هذا الشهر لتأخذ اتجاهها متفقاً مع اتجاه حركة عقرب الساعة ، وتكون هذه التيارات بطيئة فى أول الأمر ، ولكن سرعتها تزداد بمجرد بدء هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية .

أما أثر البحر الأحمر على مناخ السواحل الشرقية لإفريقية فمحدود جداً بسبب صغر مساحته مع ملاحظة أن هذا الأثر يكون أقل وضوحاً فى فصل الصيف منه فى فصل الشتاء ، لأن البحر الأحمر يعتبر من البحار الدافئة طول السنة، ولهذا فإن تأثيره اللطيف على درجة حرارة السواحل المطلّة عليه يكون محدوداً جداً ، وتتراوح درجة حرارة سطح الماء فى القسم الشمالى من هذا البحر ما بين ٢٢° فى يناير و ٢٧° مئوية فى يوليو ، أما فى القسم الجنوبى منه فتتراوح درجة حرارة المياه السطحية ما بين ٢٨° فى يناير و ٣٢° فى يوليو ، ولكن على الرغم من الارتفاع الشديد لدرجة حرارة مياه هذا البحر فى فصل الصيف فإنها تكون على أى حال أقل من درجة حرارة السواحل المجاورة .

وبخلاف الحال بالنسبة للبحر الأحمر نلاحظ أن البحر المتوسط له أثر عظيم على مظاهر الجو وأحوال المناخ فى معظم شمال إفريقيا ، ففى فصل الشتاء يساعد الدفء النسبى لمياه هذا البحر على ظهور منطقة من الضغط المنخفض فوقه كما يساعد على تدفئة السواحل المجاورة وعلى زيادة أمطارها ، إذ أن الرياح التى تمر على هذه المياه تكون عادة محملة بكميات كبيرة من بخار الماء . أما فى فصل الصيف فتعكس الآية ويكون البحر المتوسط أقل حرارة من اليابس

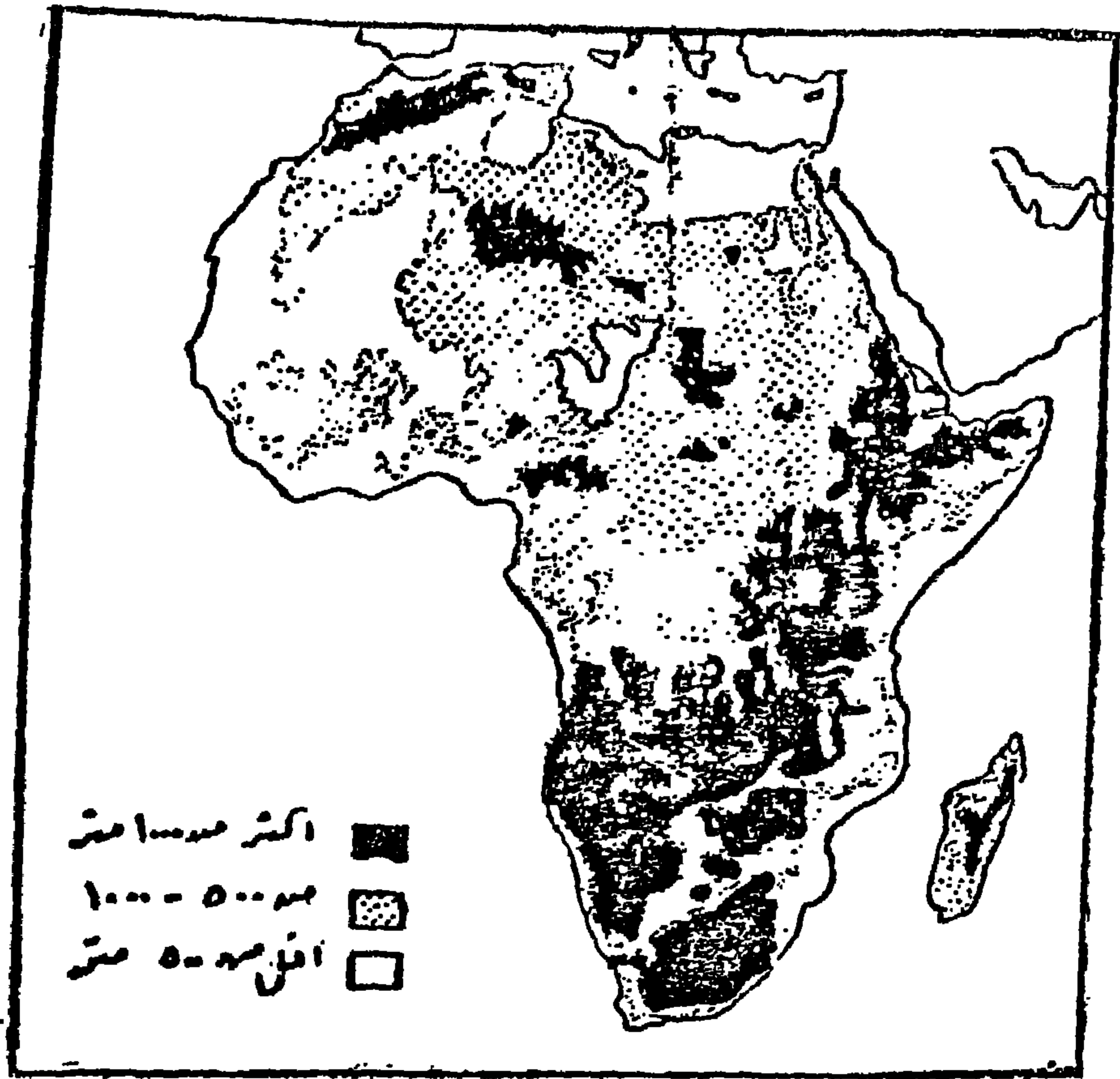
المحيط به ، ويساعد ذلك على امتداد الضغط المرتفع الأزورى عليه من ناحية الغرب وتكون الرياح السائدة على شمال إفريقيا في هذا الفصل هى الرياح التجارية الشمالية الشرقية . وعلى الرغم من مرور هذه الرياح على مياه البحر المتوسط قبل وصولها إلى السواحل الشمالية فإنها تكون عديمة الأمطار لأنها تنتقل إلى مناطق أشد حرارة بكثير من حرارة البحر المتوسط نفسه ، ويعتبر هذا العامل من الأسباب المهمة التى كان لها دخل في وجود الصحراء الكبرى .

ومما يلاحظ أن مياه البحر المتوسط لا تبرد برودة سريعة عقب انتهاء فصل الصيف بل إنها تظل محتفظة في فصل الخريف بكثير من حرارتها ، ولهذا فإن درجة حرارتها في هذا الفصل تكون عادة أعلى منها في فصل الربيع الذى تأخذ درجة الحرارة في الارتفاع خلاله ببطء شديد .

التضاريس :

تختلف إفريقيا عن غيرها من القارات في عدم وجود سلاسل جبلية كبرى بها من نوع الهيمالايا والألب والإنديز والروكى ، ولذلك فإنه بدلا من الانتقال المناخى المفاجئ الذى يسببه وجود مثل هذه السلاسل نجد أن الأنواع المناخية المختلفة في القارة الإفريقية يتداخل بعضها في بعض بحيث يكون الانتقال تدريجيا من نوع إلى آخر . كما يلاحظ من ناحية أخرى أن المناطق السهلية التى يقل ارتفاعها عن ٣٠٠٠ متر فوق سطح البحر قليلة المساحة أيضا، إذ أن ارتفاع القسم الأكبر من هذه القارة يتراوح بين ٣٠٠ و ١٢٠٠ متر فوق سطح البحر، وفيما عدا جبال أطلس نلاحظ أن معظم الأقاليم المرتفعة في إفريقيا موجودة بشكل نطاق عظيم يشغل معظم جنوب القارة وشرقها . ويمكننا أن نلخص أهم الأقسام التضاريسية في إفريقيا فيما يلي :

١ - سلاسل جبال أطلس وهضبة الشطوط وهى تفصل فصلا يكاد يكون تاما بين مناخ البحر المتوسط في شمالها والمناخ الصحراوى إلى الجنوب منها ، وأعظم هذه السلاسل ارتفاعا هى سلسلة أطلس العظمى في مراکش حيث يصل ارتفاع بعض قممها إلى حوالى ٣٠٠٠ متر أو أكثر .



شكل (٩٤) تضاريس إفريقيا

٢ - الصحراء الكبرى وهي في جملتها عبارة عن هضبة لا يزيد ارتفاعها عن ٩٠٠ متر إلا في مواضع قليلة حيث تبرز فوقها بعض المرتفعات التي قد يزيد ارتفاعها على ٢٤٠٠ متر ، ومن أمثلتها مرتفعات تيستى والحجار ، وإن وجود هذه المرتفعات قد ساعد على وجود مناطق مناخية أقل جفافاً نوعاً ما من مناخ الصحراء التي حولها .

٣ - مرتفعات شرق القارة ويتكون منها نطاق عظيم يشمل مرتفعات تانزانيا هضبة البحيرات وعضية الحبشة وجبال البحر الأحمر .

٤ - مرتفعات الكمرن وغانة الجنوبية، وهى تفصل حوض الكنفو عن المحيط الأطلسى .

٥ - أحواض جنوب القاره وهى عبارة عن مناطق منخفضة نسبيا عن المستوى العام للهضبة الجنوبية ، ومن أهمها حوض الكنفو وحوض كلهارى ، وإن انخفاض هذه الأحواض عما حولها يجعل فرصة وصول الرياح الممطرة إليها ضعيفة بصفة عامة .

٦ - الهضبة الجنوبية ويزيد ارتفاعها عموما على ١٢٠٠ متر ، وتوجد أعلى مناطقها في الشرق ، ويتناقص الارتفاع بصفة عامة كلما اتجهنا غربا .

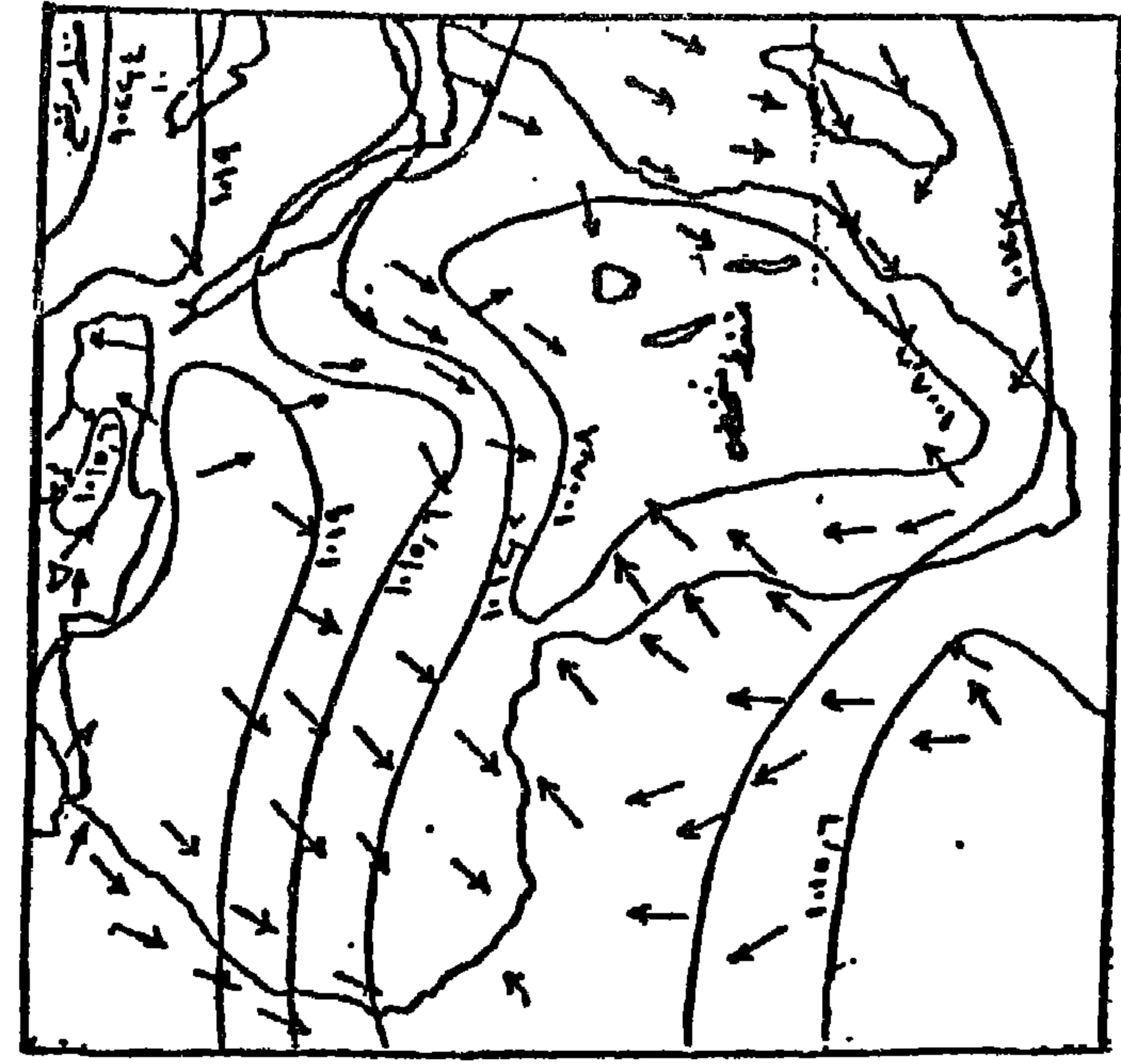
٧ - المرتفعات الموجودة في إفريقيا الشمالية ومن أهمها مرتفعات تيبستى والحجار في الصحراء الكبرى ومرتفعات غانة الغربية التى تشمل هضبة فوتاجالون في أقصى غرب إقليم ساحل غانة ثم مرتفعات كردفان ودرافور في السودان ، وكل هذه المرتفعات تكون أكثر أمطارا من المناطق التى حولها والتى تقل عنها في الارتفاع .

رابعا - توزيع الضغط الجوى على القارة :

يتأثر مناخ القارة بحركة الشمس الظاهرية نحو الجنوب في نصف السنة الشتوى ونحو الشمال في نصفها الصيفى ، ويظهر هذا واضحا في توزيع الضغط الجوى ونظام هبوب الرياح على أجزائها المختلفة ، فبالنظر إلى خريطة الضغط الجوى والرياح لفصل الصيف والشتاء الشماليين (كما تمثلهما خريطتا يوليو ويناير) نلاحظ وجود بعض المظاهر العامة التى يمكن إجمالها فيما يلى :

(ب) الحالة في فصل الصيف (يوليو) : في هذا الفصل يكون توزيع مناطق الضغط الجوى الكبرى التى تؤثر في مناخ القارة كما يأتى :

١ - نطاق من الضغط المنخفض يمتد على الصحراء الكبرى بسبب شدة الحرارة ويصل في امتداده نحو الجنوب حتى يتصل بنطاق الضغط المنخفض



(شكل ٩٥) توزيع الضغط الجوي والرياح على الخريطة لي فصل الشتاء (شكل ٩٦) توزيع الضغط الجوي والرياح على الخريطة لي فصل الصيف

الاستوائي الذي يتزحزح شمالاً في هذا الفصل ، ويتكون من النطاقين معا نطاق عظيم يشمل معظم القسم الشمالي من إفريقية ويكون مركزه ممتدا بين خطي عرض ١٥° و ٢٠° شمالاً على وجه التقريب .

٢ - نطاق الضغط المرتفع الآزوري الذي يتسع نطاقه على المحيط الأطلسي الشمالي في هذا الفصل، ويمتد منه ذراع عظيم على جنوب أوروبا وحوض البحر المتوسط ، ومن هذا النطاق تهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية نحو مركز الضغط المنخفض الذي سبق ذكره ، وهذه الرياح هي التي تكون سائدة على السواحل الجنوبية للبحر المتوسط ومعظم شمال القارة .

٣ - نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدي ، وهو يتزحزح قليلاً نحو الشمال في هذا الفصل ويكون ممتدا بدون انقطاع تقريباً على جنوب القارة وعلى المحيط الهندي من جهة والمحيط الأطلسي الجنوبي من جهة أخرى وتهب الرياح الشمالية الغربية من هذا النطاق على قسم صغير من الطرف الجنوبي الغربي للقارة أي على إقليم رأس الرجاء الصالح، وتؤدي هذه الرياح بما يصاحبها من منخفضات جوية إلى سقوط الأمطار الشتوية .

وفيما عدا هذا القسم نلاحظ أن الهضبة الجنوبية بأكملها تقريباً تسودها الرياح التجارية الجنوبية الشرقية التي تهب من نفس نطاق الضغط المرتفع متجهة نحو الضغط المنخفض الاستوائي، وتستمر في هبوبها نحو الشمال حتى بعد خط الاستواء ، ولكن بعد عبورها لهذا الخط تواصل هبوبها حتى حوالى خط عرض ٢٠° شمالاً . ويكون اتجاهها عندئذ جنوبياً غربياً

(ب) الحالة في فصل الشتاء (يناير) : في هذا الفصل تتزحزح مناطق الضغط الجوي بصفة عامة نحو الجنوب تبعاً لحركة الشمس الظاهرية ويطرأ عليها في نفس الوقت كثير من التغيرات سواء على القارة أو على الأقاليم المحيطة بها . ويكون توزيعها مختلفاً من بعض الوجوه عما كان عليه في فصل الصيف بسبب الاختلاف الذي يطرأ على توزيع المناطق الحرارية سواء على القارة نفسها

أو على المحيطات والقارات الأخرى المحيطة بها . ويمكننا أن نلخص نظام الضغط الجوي على القارة في هذا الفصل كما يلي :

١ — الضغط المرتفع الآزوري الذي يمتد في هذا الفصل على شمال إفريقيا، ويتكون منه نطاق عظيم الاتساع يقع إلى الجنوب من السواحل الشمالية للقارة ويكون مركزه واقعا في جنوب جبال أطلس .

٢ — الضغط المنخفض الذي يتكون على البحر المتوسط نتيجة لدفعه بالنسبة لليابس المحيط به ، وتهب الرياح الجنوبية الغربية نحو هذا الضغط المنخفض من منطقة الضغط المرتفع التي سبق ذكرها ، وهذه الرياح هي التي تكون سائدة على السواحل الشمالية لإفريقية .

وتغزو البحر المتوسط في هذا الفصل كثير من المنخفضات الجوية التي تتحرك على طولها من الغرب إلى الشرق وتكون سببا في سقوط معظم الأمطار الشتوية التي تصيب الأطراف الشمالية للقارة .

٣ — نطاق الضغط المنخفض الاستوائي ، وهو على الرغم من ترحله نحو الجنوب في هذا الفصل فإنه لا يتقل بأكماله إلى الجنوب من خط الاستواء بل يظل معظمه واقعا إلى الشمال من هذا الخط بصفة عامة خصوصا في الغرب حيث نجد أنه يمتد إلى الشمال مباشرة من خط عرض ٥° شمالا ، والسبب في ذلك يرجع إلى عظم اتساع القارة في الشمال مما يجعل المناطق المدارية الشمالية ذات حرارة مرتفعة طول السنة حتى في فصل الشتاء ، وباستثناء السواحل الشمالية نلاحظ أن معظم القسم الشمالي من إفريقيا تسوده الرياح التجارية الشمالية الشرقية التي تهب من نطاق الضغط المرتفع الآزوري الذي سبق ذكره في الشمال نحو نطاق الضغط المنخفض الاستوائي في الجنوب .

٤ — منطقة الضغط المنخفض التي تتكون في هذا الفصل على جنوب القارة بسبب ارتفاع درجة الحرارة ، ويلاحظ أن هذه المنطقة تمتد نحو الشمال حتى تتصل بنطاق الضغط المنخفض الاستوائي، ويتكون من المنطقتين نطاق

واحد يقع مركزه حول خط الاستواء ويكون له أثر واضح في اجتذاب الرياح التجارية الشمالية الشرقية من جهة والرياح التجارية الجنوبية الشرقية من نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى من جهة أخرى .

هـ - نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى ، ويلاحظ أن هذا النطاق يكون له في هذا الفصل مركزان منفصلان يقع أحدهما على المحيط الهندى ، ويقع الثانى على المحيط الأطلسى ، وتفصل بينهما منطقة الضغط المنخفض التى تتكون على جنوب القارة . ومما يلاحظ أن هذا النطاق يتحرك في هذا الفصل نحو الجنوب بحيث يمتد عموما حول خط عرض ٣٥°، ولهذا السبب نجد أن كل جنوب القارة يقع في نطاق الرياح التجارية الجنوبية الشرقية، وتختفى الرياح الغربية التى كانت تهب في الفصل السابق على إقليم رأس الرجاء الصالح في الطرف الجنوبي الغربى .

ونظراً لأن الضغط المنخفض الاستوائى في غرب القارة يظل في هذا الفصل واقعا إلى الشمال من ساحل غانة فإن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية تضطر لعبور خط الاستواء بحيث تنحرف وتصبح جنوبية غربية كما يحدث في فصل الصيف (يوليو) ولكنها لا تمتد في هبوبها نحو الشمال إلى أبعد من خط عرض ١٠° شمالا بينما يصل هبوبها في فصل الصيف إلى حوالى خط عرض ٢٠° شمالا .

ومما يلاحظ أيضا أن وجود الضغط المنخفض على جنوب القارة يؤدي إلى ضعف الرياح التجارية وعدم انتظام هبوبها على الساحل الغربى إلى الجنوب من خط الاستواء، وهذا هو السبب في أن الرياح التى تسود على هذا الساحل في فصل الصيف الجنوبي تكون مابين الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية .

خامسا : الكتل الهوائية التى تؤثر في مناخ القارة :

لا توجد في الوقت الحاضر بيانات وافية عن أنواع الكتل الهوائية التى تؤثر في مناخ الأقاليم المختلفة للقارة الإفريقية ، ولكننا مع ذلك نستطيع أن نكون

فكرة عامة عن هذه الكتلة على أساس نظام هبوب الرياح وتوزيع درجة الحرارة في الفصول المختلفة ، سواء على القارة نفسها أو على اليابس والماء المحيط بها . وكما هو المتوقع نلاحظ أن الكتلة الهوائية المدارية هي أكثر أنواع الكتل الهوائية تأثيراً على مناخ القسم الأكبر من القارة بينما يقتصر أثر الكتلة الهوائية القطبية على مناطق محدودة في أطرافها الشمالية والجنوبية ، ويمكننا أن نذكر باختصار أهم أنواع الهواء التي تؤثر في مناخ إفريقيا بصفة عامة كما يأتي :

أ — الهواء المداري . وهو إما أن يكون مدارياً بحرياً (mT) مصدره المحيط الأطلسي الجنوبي من ناحية والمحيط الهندي من ناحية أخرى ، أو مدارياً قارياً (cT) ينشأ على القارة نفسها أو يصل إليها من أوروبا وآسيا .

ب — الهواء القطبي وهو إما أن يكون قطبياً بحرياً مصدره المحيط الأطلسي الشمالي أو قطبياً قارياً مصدره السهول الوسطى والشمالية لأوروبا .

ومما يلاحظ أن كل نوع من الأنواع السابقة قد يوصف بأنه مستقر أو غير مستقر على حسب الاختلاف بين درجة حرارته ودرجة حرارة المناطق التي ينتقل إليها ، فالهواء المستقر هو الذي تكون درجة حرارة المنطقة التي يصل إليها أقل من درجة حرارته ويرمز له بالحرف «w» والعكس في حالة الهواء غير المستقر الذي يرمز له بالحرف «k» . وعلى هذا الأساس نجد ، على سبيل المثال أن هناك نوعين من الهواء المداري البحري أحدهما مستقر «mTw» والآخر غير مستقر «mTk» .

ويمكننا أن نلقى نظرة عامة على توزيع الأنواع المختلفة من الهواء على قارة إفريقيا في الشتاء والصيف كما يلي :

أولاً : فصل الشتاء (يناير) :

أ — الهواء المداري : تعتبر الصحراء الكبرى بسبب اتساعها وانسجام سطحها بصفة عامة من أهم مناطق نشأة الكتل الهوائية المدارية القارية في العالم cT ، ويتميز هوائها بأنه شديد الجفاف طول السنة ، وبأنه شديد الحرارة في

فصل الصيف ومائل للبرودة في فصل الشتاء ، وهذا هو الهواء الذي يسيطر في فصل الشتاء على الأحوال الجوية في كل شمال إفريقية تقريبا حتى قرب خط الاستواء ، ولهذا فإن معظم هذا القسم من القارة يسوده في هذا الفصل جو صحو عديم الأمطار خصوصا في العروض المحصورة بين خطي عرض ١٥° و ٣٠° شمالا . أما في المناطق الممتدة على طول البحر المتوسط في الشمال وعلى طول ساحل غانة في الجنوب فإن هذا الهواء يؤدي في كثير من الأحيان إلى ظهور السحب وتسقوط بعض الأمطار خصوصا عندما يلتقي بجهة باردة حيث أنه يضطر في هذه الحالة للارتفاع فوق هذه الجهة .

وفي جنوب القارة ينشأ الهواء المداري كذلك في منطقة حوض كلهاري ولكن على نطاق أضيق مما يحدث في الصحراء الكبرى . ويسيطر هذا الهواء بصفة خاصة على جنوب غرب إفريقية ، ونظرا لشدة الحرارة في جنوب القارة في هذا الفصل (الصيف الجنوبي) فإن التيارات الهوائية الصاعدة تكون نشطة في هذا النوع من الهواء ويؤدي ذلك إلى سقوط بعض الأمطار ، ولكنها تكون قليلة بسبب قلة بخار الماء الذي يحمله الهواء (المداري القاري) .

أما الهواء المداري البحري فيظهر أثره بوضوح في منطقتين مختلفتين من إفريقية وهما :

١ - السواحل الشرقية ما بين رأس الرجاء الصالح في الجنوب وخط عرض ٥° جنوبا في الشمال ، فالى هذه السواحل يصل هواء مداري بحري غير مستقر mTk من المحيط الهندي مع الرياح التجارية الجنوبية الشرقية ، ويكون هذا الهواء محملا بكميات كبيرة من بخار الماء ، ونظراً لأن جنوب القارة يكون شديد الحرارة في هذا الفصل فإن هذا يساعد على زيادة حالة عدم الاستقرار في الهواء عند انتقاله من البحر إلى اليابس ، ويترتب على ذلك سقوط كثير من الأمطار على السواحل وعلى المنحدرات الشرقية للجبال والهضاب المتاخمة لهذه السواحل أو القرية منها .

٢ - ساحل غانة حيث يؤدي الهواء المدارى غير المستقر إلى سقوط كميات كبيرة من الأمطار

· ويلاحظ أن السواحل الشرقية لإفريقيا إلى الشمال من خط الاستواء يصلها من آسيا نوع من الهواء المدارى القارى cT ، إلا أن مرور هذا الهواء على المياه الدافئة للبحر العربى يجعل الطبقات السفلى منه تكتسب بعض صفات الهواء المدارى البحرى mT ، ولهذا فإنه يكون سببا في سقوط قليل من الأمطار على هذه السواحل، ولكن يلاحظ أن الطبقات العليا من هذا الهواء تظل محتفظة بصفات الهواء المدارى القارى، حيث أن مساحة البحر العربى ليست كبيرة بدرجة تكفى لأن تغير صفات الهواء كله في جميع طبقاته.

ب - الهواء القطبى : نظرا لأن القارة الإفريقية في معظمها واقعة في العروض الحارة فإن تأثير الهواء القطبى في مناخها يكون أقل بكثير من تأثير الهواء المدارى، ولذلك فإن أثر الهواء القطبى يقتصر غالبا على الأطراف الجنوبية للقارة، ففي فصل الشتاء الشمالى نجد أن مرور المنخفضات الجوية على البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق يؤدي إلى وصول تيارات من الهواء القطبى البحرى mP في مؤخره هذه الانخفاضات إلى السواحل الشمالية الغربية لإفريقية، حيث يؤدي وصولها إلى سقوط الأمطار على هذه السواحل، وتكثر الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات الشمالية والغربية. ومصدر هذا الهواء هو الكتل الهوائية القطبية البحرية التى تتكون على المحيط الأطلسى الشمالى، وقد يصل أثره في بعض الأحيان إلى السواحل الشمالية لجمهورية مصر العربية وليبيا حيث يؤدي إلى سقوط بعض الأمطار.

ولكن يلاحظ أن معظم الهواء القطبى الذى يصل إلى هذه السواحل الأخيرة في الشتاء يكون في الأصل من النوع القارى cP الذى ينشأ على السهول الوسطى والشمالية لأوروبا، ولكن مروره على المياه الدافئة للبحر المتوسط يؤدي إلى رفع درجة حرارة الطبقة السفلى منه وارتفاع نسبة بخار الماء

بها ، كما يؤدي إلى ظهور حالة عدم استقرار في هذا الهواء ، ولهذا فإنه يكون سببا في سقوط بعض الأمطار على شمال ليبيا ومصر . وهو يأتي عادة في مؤخرة المنخفضات الجوية التي تغزو البحر المتوسط من ناحية الغرب في فصل الشتاء وكثيرا ماتصحبه موجات من البرد شديدة القسوة .

ثانيا - فصل الصيف (يوليو) :

الهواء المدارى : تظل الصحراء الكبرى في هذا الفصل أيضا مركزا لنشأة الهواء المدارى القارى CT ، الذى يكون شديد الحرارة والجفاف ، وعلى الرغم من أن اشتداد الحرارة في الصحراء يؤدي إلى عدم استقرار هذا الهواء إلا أن صفر كمية الرطوبة العالقة به لاتسمح إلا بسقوط كميات قليلة جدا من الأمطار . ويصل إلى السواحل الشمالية للقارة في هذا الفصل من ناحية البحر المتوسط نوع معدل من الهواء المدارى القارى مصدره الأجزاء الجنوبية من أوروبا ، ورغم أن هذا الهواء يمر فوق مياه البحر المتوسط فإنه يظل محتفظا في معظم قطاعاته بالصفات القارية ، إلا في أجزائه السفلى التي تزداد فيها نسبة بخار الماء ، ولكن هذه الزيادة لاتظهر في الطبقات العليا منه ، لأن البحر المتوسط يكون عندئذ مركزا لضغط مرتفع يميل فيه الهواء للهيزط إلى أسفل ، ولذلك فإن هذا الهواء يكون رغم الرطوبة التي يحملها في أجزائه السفلى ، مصحوبا بموجو صحو عديم السحب بسبب جفاف الطبقات العليا منه ، وإذا ما انتقلنا إلى جنوب القارة نلاحظ أن الهواء المدارى القارى الذى يظهر هنا في هذا الفصل (الشتاء الجنوبى) يكون أميل للبرودة كما يكون أكثر استقرارا من الهواء المدارى القارى الذى رأيناه في الشمال .

أما الهواء المدارى البحرى فيكون في فصل الصيف سائدا في النطاق المحصور بين خطى عرض ٥° و ١٥° شمال خط الاستواء ، وهو يأتي من المحيط الأطلسي مع الرياح الجنوبية الغربية التي يتسع نطاق هبوبها في هذا الفصل بسبب تزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الشمال . ونظرا

لاشتداد حرارة اليابس فإنّ الهواء الذى ينتقل إليه يصبح فى حالة عدم استقرار ويكون سببا فى سقوط أمطار غزيرة خصوصا على ساحل غانة ومنحدرات الجبال المواجهة لهبوب الرياح الجنوبية الغربية ، كما هى الحال على المنحدرات الجنوبية لمرتفعات غانة الغربية (فوتاجالون) والمنحدرات الغربية لجبال الكميرون .

وبلاحظ أن الهواء المذارى البحرى يظهر كذلك فى هذا الفصل (الشتاء الجنوبى) على القسم الشرقى من جنوب القارة ما بين خط الاستواء وخط عرض ٣٠° جنوبا تقريبا ، ولكن نظرا لبرودة اليابس فإن هذا الهواء يكون أقرب إلى الاستقرار ، ويكون بالتالى قليل الأمطار . كما يسود هذا الهواء أيضا على السواحل الشمالية الغربية للقارة وعلى سواحلها الغربية فى القسم الواقع إلى الجنوب من خط الاستواء ، إلا أن هذا الهواء يكون كذلك من النوع المستقر الذى لايساعد على سقوط أمطار كثيرة .

الهواء القطبى : كما هى الحال فى فصل الشتاء يلاحظ أن أثر الهواء القطبى فى مناخ القارة فى فصل الصيف يقتصر على مناطق محدودة جدا منها ، ففى أقصى الجنوب يظهر نوع معدل من الهواء القطبى القارى البحرى الدافئ الذى يساعد على سقوط الأمطار ، وتحمله إلى جنوب القارة الرياح الجنوبية الغربية بعد مرورها على مسطحات مائية واسعة ، وهذا الهواء هو الذى يسبب الأمطار الشتوية فى إقليم رأس الرجاء الصالح وفى ناتال .

١٢ — ٢ — الأقسام المناخية لإفريقيا

لاتزال القارة الإفريقية محتاجة إلى مزيد من محطات الأرصاد الجوية اللازمة لجمع البيانات المختلفة التى تساعد على دراسة الأحوال المناخية فيها دراسة أكثر تفصيلا من الدراسة الحالية ، حيث أننا مازلنا نجد فى هذه القارة مساحات واسعة خالية من فتل هذه المحطات ، ومع ذلك فإننا نستطيع بناء على مالدينا من بيانات أن نقسم القارة إلى عدد من الأقاليم المناخية ، وقد سبق أن أوضحنا كيف أن الموقع الفلكى لإفريقيا قد أخرجها تماما من نطاق الأقاليم الباردة والمعتدلة الباردة ، ومعنى هذا بعبارة أخرى أن القارة تدخل كلها فى نطاق المناخ الحار والمناخ المعتدل الدافئ ، ويمكننا أن نحدد المناطق التى تدخل فى كل نطاق من هذين النطاقين كما يلى :

أولا — المناخ الحار وينقسم إلى خمسة أقسام كما يأتى :

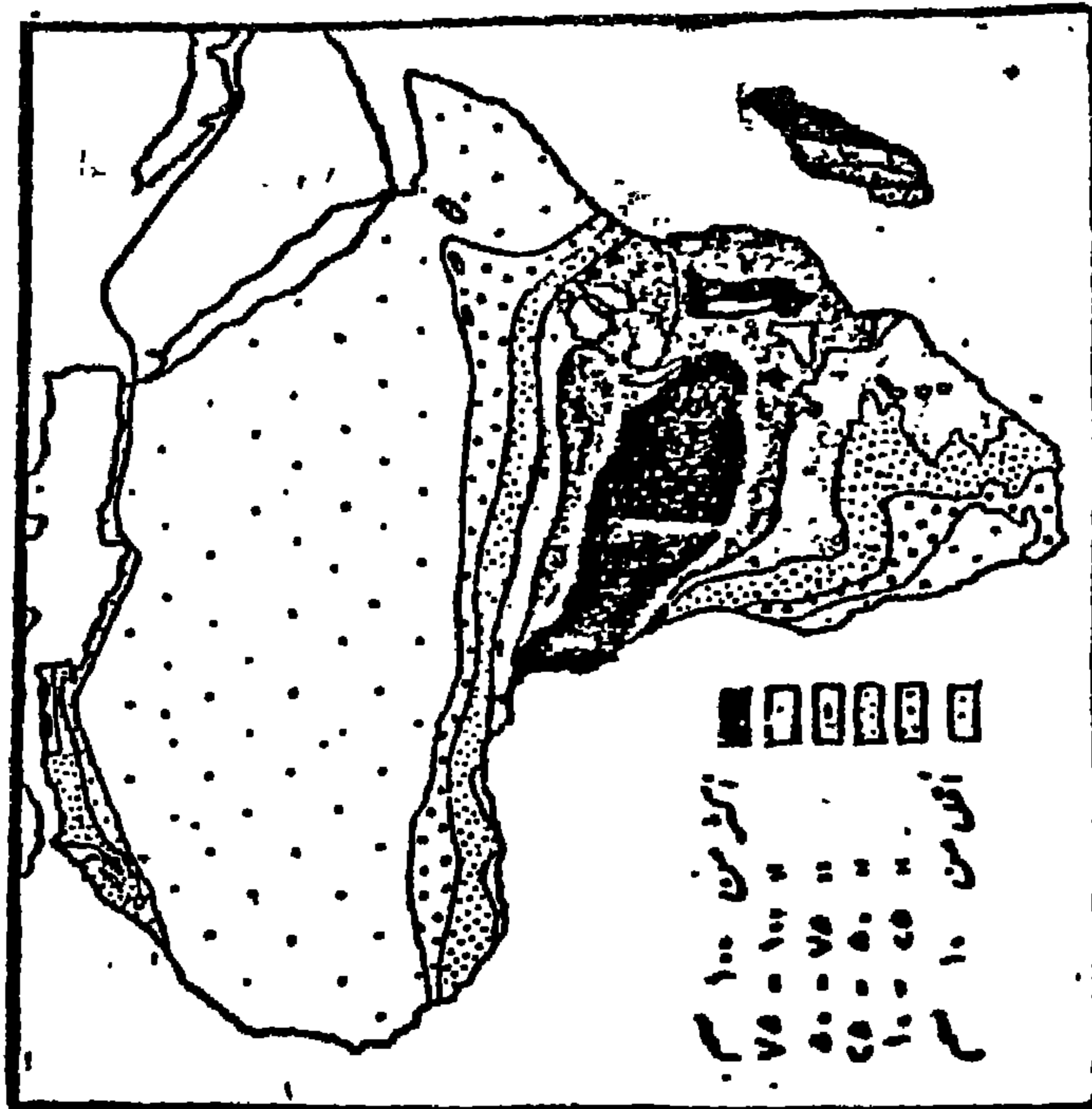
(أ) المناخ الاستوائى ، ويشمل حوض الكونغو وساحل غانة وقسما من الساحل الشرقى إلى الجنوب مباشرة من خط الاستواء .

(ب) المناخ المدارى القارى ، ويشمل نطاقا عظيما يحيط بالإقليم الاستوائى من ناحيتى الشمال والجنوب ، كما يحيط به من ناحية الشرق حيث يشمل هضبة البحيرات الاستوائية .

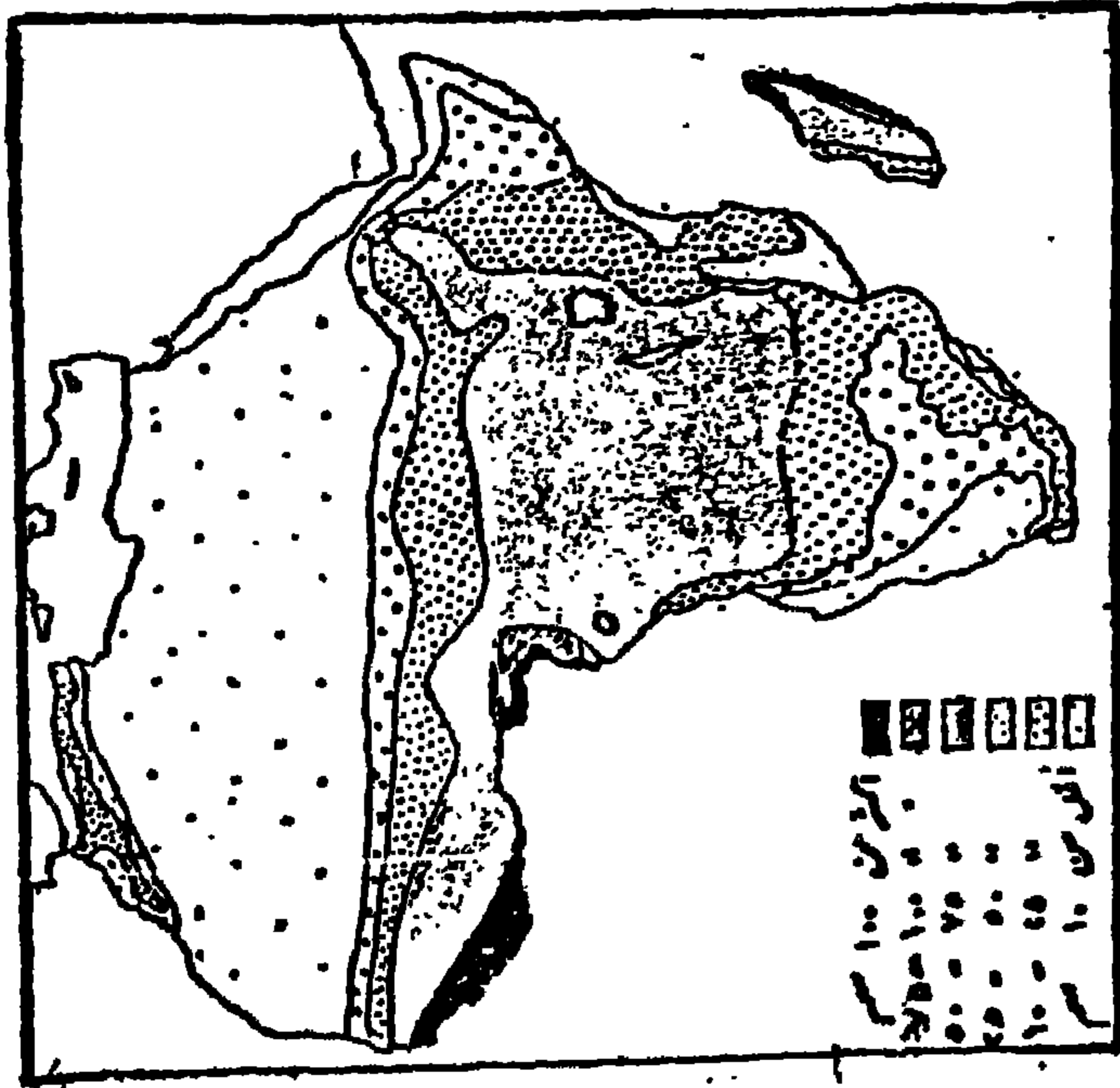
(ج) المناخ المدارى البحرى ، ويشمل معظم الساحل الشرقى للقارة إلى الجنوب من خط الاستواء ، كما يشمل الساحل الشرقى لجزيرة مدغشقر .

(د) المناخ المدارى الموسمى ، ويشمل هضبة الحبشة .

(هـ) مناخ الصحارى الحارة ، ويشمل الصحراء الكبرى وصحراء كلهارى وصحراء ناميبيا الساحلية .



(شكل ٩٧) توزيع الأمطار في إفريقيا في فصل الشتاء



(شكل ٩٨) توزيع الأمطار في إفريقيا في فصل الصيف

ثانيا : المناخ المعتدل الدافئ، وينقسم إلى قسمين كما يأتي :

مناخ البحر المتوسط الذى يتمثل بصفة خاصة على طول السواحل الشمالية للقرارة خصوصا في الشمال الغربى وكذلك في منطقة رأس الرجاء الصالح .

(ب) مناخ ناتال ، وهو يمثل المناخ المعتدل الدافئ في شرق القارات .

١٢ - ٢ - ١ - الأقاليم الحارة :

أ - المناخ الاستوائى

حوض الكونغو : يتكون القسم الأوسط من هذا الحوض من سهل منبسط يمتد حول نهر الكونغو نفسه وحول الأجزاء الوسطى والدنيا من روافده ، ويبلغ ارتفاع هذا السهل حوالى ٣٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، وتنمو به غابات كثيفة دائمة الخضرة تتخللها في مواضع متفرقة مناطق صغيرة يقوم فيها الوطنيون ببعض الزراعة المتقلة ، وتحيط بهذا القسم من جميع الجهات أراض مرتفعة يزيد ارتفاعها بصفة خاصة من ناحية الشرق حيث تمتد الحافة الغربية للفرع الغربى من الوادى الانكسارى العظيم ، ويتراوح ارتفاعها ما بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ متر ، وأعلى نقطة فيها هي جبال روتزورى التى يبلغ ارتفاعها حوالى ٥١٢٠ مترا . ويتدرج الارتفاع كذلك كلما اتجهنا جنوبا حتى أنه يتراوح في معظم النصف الجنوبى من الحوض ما بين ٥٠٠ و ١٠٠٠ متر . وقد يصل في بعض الأماكن إلى أكثر من ١٢٠٠ متر ، كما هي الحال حول مدينة إيزايث ثيل في الجنوب الشرقى . والمظهر النباتى السائد في القسم الجنوبى المرتفع نسبيا من الحوض هو السفانا الكثيفة التى تتغطى بها في بعض المناطق مساحات شاسعة غير منقطعة .

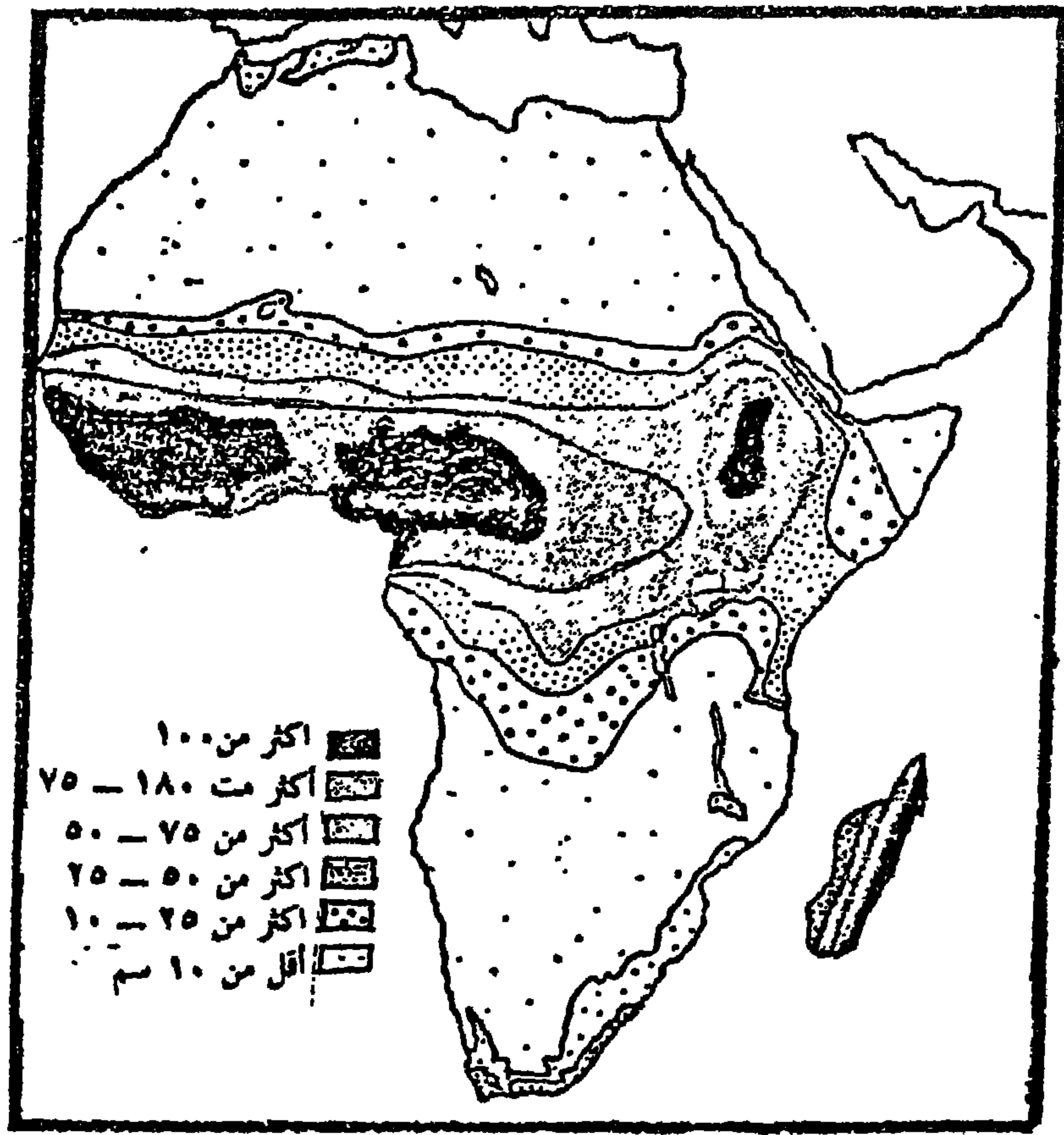
ويقطع خط الاستواء القسم الشمالى من الحوض حيث يمر بشلالات استائلى، وهذا القسم هو الذى يمثل المناخ الاستوائى الحقيقى ، وهو يمتد من شمال الحوض حتى خط عرض ٥° جنوبا ولكن نظرا لأن الارتفاع عن سطح البحر لا يقل عموما عن ٣٠٠ متر فإن المناخ الاستوائى السائد هنا يكون أقل حرارة نوعاً ما من المناخ الاستوائى الذى يظهر في المستويات القرية من سطح

البحر ، وحيثما يزيد الارتفاع عن ذلك يختفى المناخ الاستوائي الحقيقى وتحل محله أنواع معدلة من المناخ المدارى ، وقد تظهر بعض أنواع المناخ البارد على القسم المرتفعة التى توجد على الحافة الشرقية للحوض .

ومن الطبيعى أن يكتسب الهواء الذى يسود فى حوض الكنفو هو الهواء المدارى خصوصا الهواء المدارى البحرى الذى يصل إليه من المحيط الأطلسى الجنوى فى الغرب ومن المحيط الهندى فى الشرق ، أما الهواء المدارى القارى فعلى الرغم من أنه يصل كذلك إلى حوض الكنفو من المناطق الواقعة إلى الشمال منه إلا أن ذلك مقصور على بعض أشهر فصل الشتاء (يناير) حيث يصل بعض هذا الهواء إلى القسم الشمالى والأوسط من الحوض ، وفى نفس هذا الفصل يتأثر مناخ القسم الجنوى الغربى من حوض الكنفو بتيارات مماثلة تصل إليه من المحيط الهندى ، وهذا الهواء المدارى الرطب، سواء منه ما يصل من المحيط الأطلسى أو ما يصل من المحيط الهندى، هو المصدر الذى يغذى الأمطار التى تسقط على حوض الكنفو فى هذا الفصل (الشتاء الشمالى) .

أما فى فصل الصيف فيختفى الهواء المدارى القارى من حوض الكنفو تماما ، ويحل محله الهواء المدارى البحرى خصوصا الهواء الذى يأتي من المحيط الأطلسى وذلك لأن اشتداد عمق الضغط المنخفض الذى يتكون على الصحراء الكبرى فى هذا الفصل يساعد على اجتذاب الرياح الجنوبية الغربية التى تهب من ناحية هذا المحيط وعلى زيادة سرعتها نسبيا . والهواء الرطب الذى تحمله هذه الرياح هو المصدر الذى تأتى منه الأمطار التى تسقط فى الفترة من إبريل إلى أكتوبر (الصيف الشمالى) .

وبلاحظ عموما أن الرياح السائدة على حوض الكنفو أغلبها رياح خفيفة كما أن فترات سكون الهواء كثيرة جدا ، ومع كل هذا فإن الإقليم يتعرض فى فصل الربيع والخريف ، وهما فصلا تعامد الشمس على خط الاستواء لظهور عواصف شديدة تشتهر باسم الترنادو ، وهى من نفس نوع عواصف الترنادو



(شكل ٩٩) النباتات الطبيعية في إفريقيا

التي تظهر على ساحل غانة ، ويشهد هبوب الرياح عند ظهورها ، وقد تصل سرعتها إلى ٧٥ كيلومترا في الساعة أو أكثر ، وهي تظهر غالبا بعد منتصف النهار أى في أشد الساعات حرارة ، وهي تتحرك بعد نشأتها عموما من الشرق إلى الغرب .

وإذا نظرنا إلى إحصائيات المطر نجد أن حوض الكونغو على الرغم من وقوعه حول خط الاستواء فإنه أقل مطرا من حوض الأمازون المقابل له في أمريكا الجنوبية ، وذلك لأن معظم الرطوبة التي يحملها هواء المحيط الهندي تسقط أمطارها على الحافات الشرقية للهضاب التي تقف في طريقها قبل وصولها إلى

حوض الكنفو ، ويبلغ معدل الأمطار التي تسقط على معظم أجزاء الحوض حوالي ١٣٥ سنتيمتراً في السنة مقابل ١٧٥ إلى ٢٠٠ سنتيمتراً في حوض الأمزون، وهي مع ذلك تكفي لأن تجعل نهر الكنفو يأتي في المرتبة الثانية من بين أنهار العالم بعد نهر الأمزون من حيث كمية المياه التي يحملها^(١) . ولقد كان من نتائج موقع حوض الكنفو حول خط الاستواء أن أصبح موسم زيادة الأمطار في القسم الشمالي منه مختلفاً عن موسم زيادتها في قسمه الجنوبي ، وقد ترتب على هذه الظاهرة أن أصبح لهذا النهر موسمان للفيضان ، أحدهما في شهر مايو (في القسم الشمالي) والثاني في شهر ديسمبر (في القسم الجنوبي) ، ولهذا فإن مستوى المياه فيه لا يهبط في أي شهر من الشهور إلى درجة تعوق الملاحة

جدول رقم (٣٥)

معدلات الحرارة والأمطار في محطتي كينشاسا واليزابث فيل وارتفاع الأولى ٣٢٥ متراً عن سطح البحر ، وارتفاع الثانية ١٢٣٠ متراً

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)^(٢)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الذي
٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٦	٢٤	٢٣	٢٣	٢٥	٢٦	٢٦	٢٦	٤
٢٢	٢٢	٢١	٢١	١٨	١٦	١٦	١٨	٢٢	٢٤	٢٣	٢٢	٨

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١٣	١٤	٢٠	٢٠	١٦	١	—	—	٣	١٢	٢٢	١٤	١٣٥
٢٣	٢٤	٢٢	٤	١	—	—	—	—	٣	١٢	٢٦	١١٥

A., Austin Miller, op. cit 109

, Kendrew, "Climates of the Continents, p. 136-

(١)

(٢)

ساحل غانة : على الرغم من أن المناخ السائد على هذا الساحل ينتمى إلى جملته إلى النوع الاستوائي ، فإن له طابعا موسميا خاصا ، حيث أن الساحل يتعرض طول السنة لهبوب الرياح الجنوبية الغربية التي كانت في الأصل تجارية جنوبية شرقية ثم انحرفت بعد عبورها لخط الاستواء ، وهي ظاهرة مستمرة طول السنة بسبب اتساع القارة الإفريقية اتساعا واضحا إلى الشمال مباشرة من ساحل غانة ، فقد ترتب على هذا الاتساع أن أصبح القسم الجنوبي من الصحراء الكبرى والأراضي الواقعة إلى الشمال من ساحل غانة مرتفعة الحرارة ، حتى في فصل الشتاء بالنسبة للمحيط الأطلسي ، وكانت نتيجة ذلك أن ظل مركز الضغط المنخفض واقعا طول السنة إلى الشمال من ساحل غانة ، ولو أنه يتحرك شمالا في يوليو حتى يقع بين خطي عرض ١٠° و ١٥° شمالا ، ثم يعود فيتحرك جنوبا في يناير حتى يقع على امتداد الساحل نفسه ، وليس من شك في أن هبوب الرياح الجنوبية الغربية على ساحل غانة طول السنة قد زاد من قسوة الأحوال المناخية على هذا الساحل الذي اجتمعت فيه الحرارة الشديدة مع الرطوبة المرتفعة ، حتى أنه كان يشتهر لهذا السبب باسم « مقبرة الرجل الأبيض » ولايكاد الأثر اللطيف الذي تأتي به الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة يصل إلى الساحل إلا في فترات قليلة عندما تهب رياح الهارماتان المعروفة . وينطبق هذا عموما على كل النطاق الواقع إلى الجنوب من خط عرض مدينة فري تاون في سيراليون ، أما إلى الشمال من هذا الخط فإن أثر الرياح التجارية الشمالية الشرقية في تلطيف المناخ يكون واضحا نسبيا .

وتسقط الأمطار على ساحل غانة طول السنة بسبب التيارات الصاعدة من ناحية وهبوب الرياح الجنوبية الغربية الممطرة من ناحية أخرى ، إلا أن كمية المطر تختلف من مكان إلى آخر على طول الساحل على حسب الظروف المحلية فبينما يصل المعدل السنوي في فري تاون إلى ٤٣٨ سنتيمترا، وفي كوناكري إلى ١٧٥ سنتيمترا ، بسبب وجود مرتفعات فوتا جالون قرب الساحل ، كما يصل إلى ٩٠٠ سنتيمتر على المنحدرات الغربية لجبال الكمرون التي يصل ارتفاعها

جدول رقم (٣٦)
معدلات الحرارة والمطر في بعض بلاد ساحل غانة

(أ) - الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧
٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٥	٢٥	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧
٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٨	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧

(ب) - معدلات المطر (بالسنتيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
١	١	٢	٩	٢٧	٥١	٨٨	٨٩	٧٠	٢٠	١٤	٢	٢٨٦
٢	٢	٥	٩	١٣	٨	٤	٧	٢	٦	٢	٢	٦٠
٢	٦	٩	١٤	٢٧	٤٨	٢٧	٧	١٣	٢٠	٧	٢	١٨٣

إلى حوالي ٤٠٠٠ متر فوق سطح البحر ، فإنه ينخفض إلى الشرق من رأس
النقط الثلاث Cape Three points في جنوب غانة إلى أقل من ٩٠ سنتيمتراً بل
إلى أقل من ٦٥ سنتيمتراً في بعض المواضع ، كما هي الحال في أكرا التي يبلغ
معدلها ٦٠ سنتيمتراً ، وفي كريستيان بورج ومعدلها ٥٣ سنتيمتراً وفي كويتا
ومعدلها ٥٤ سنتيمتراً ، ولكن يلاحظ أن هذا النقص في كمية المطر مقصور
على شريط ساحلي ضيق ثم لاتلبث الأمطار أن تزيد عن ذلك زيادة واضحة في
المناطق التي تلي ذلك من الداخل ، ففي بلدة أبوري Aburi التي تقع إلى الشمال
من أكرا بنحو ٤٥ كيلومتراً يرتفع المعدل إلى ١٤٥ سنتيمتراً ، وفي خوماسي
التي تبعد في الداخل أكثر من ذلك بنحو ١٥٠ كيلومتراً يصل المعدل
إلى ١٤٥ سنتيمتراً . وليس هناك في الوقت الحاضر تفسير واضح لنقص
الأمطار بهذا الشكل في الشريط الساحلي المذكور ، ومع ذلك فمن الممكن أن
نرجعه إلى عاملين هما :

- ١ - أن اتجاه الساحل يجعل الرياح الجنوبية الغربية تهب موازية له تقريباً .
- ٢ - أن تيار غانة يعمل عند تحركه نحو الغرب على إزاحة الطبقة السطحية

الدافئة من المياه الساحلية فيكشف بذلك المياه الباردة نسيبا ، وهذا يقلل من كمية بخار الماء التي تستطيع الرياح الجنوبية الغربية أن تحملها معها .

ب — المناخ المدارى القارى :

يوجد هذا المناخ فى قلب القارة الإفريقية إلى الشمال وإلى الجنوب مباشرة من المناخ الاستوائى ، وهو يضم نطاق السودان فى الشمال وقسما كبيرا من هضبة إفريقية الجنوبية فى الجنوب ، ويحدث الانتقال بين هذا المناخ وبين المناخ الاستوائى من جهة ، وبين المناخ الصحراوى من جهة أخرى تدريجيا بصفة عامة .

والمناخ المدارى القارى هو الذى يشتهر باسم مناخ السفانا ، وأهم مايميزه هو وجود فصل ممطر فى الصيف وفصل جاف فى الشتاء. ويتزايد طول هذا الفصل الأخير كلما ابتعدنا عن خط الاستواء حتى نصل إلى المناخ الصحراوى . والأمطار التى تسقط فى هذا الإقليم لا تختلف فى نوعها عن أمطار المناخ الاستوائى فهى تسقط بسبب التيارات الصاعدة التى تصاحب الضغط المنخفض الاستوائى ، وهو الضغط الذى يتحرك نحو الشمال فى فصل الصيف ونحو الجنوب فى فصل الشتاء وهذه الزحزحة هى المسئولة عن التوزيع الفصلى للأمطار فى مناخ السفانا ، ولكن يلاحظ أن كمية المطر تختلف من مكان إلى آخر على حسب نظام التضاريس أولا، وعلى حسب البعد عن خط الاستواء ثانيا .

ويبين الجدول رقم (٣٧) معدلات درجة الحرارة والأمطار فى بعض المحطات التى تقع فى الإقليم المدارى القارى وهى : داكار وكانو والخرطوم ولواندا (أنجولا) .

جدول رقم (٣٧)
معدلات الحرارة والأمطار
في بعض محطات المناخ المدارى القارى في إفريقيا ١

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى	
٢٣	٢٣	٢٣	٢٣	٢٤	٢٧	٢٨	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٤	٥	داكار
٢٢	٢٤	٢٨	٢٢	٢٩	٢٨	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٣	١٠	كانو
٢٦	٢٧	٢٧	٢٦	٢٥	٢٧	٢١	٢٠	٢٢	٢٤	٢٥	٢٤	٧	لوتشا

(ب) الأمطار (بالستيمترات)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة	
—	—	—	—	—	٣	٩	٢٦	١٤	٤	١	—	٥٧	داكار
—	—	—	١	٦	١٢	٢٢	٢٢	١٥	٢	—	—	٩٠	كانو
٣	٤	٨	١٢	١	—	—	—	—	١	٢	٢	٣٣	لوتشا

ج — المناخ المدارى البحرى :

يتمثل هذا المناخ في المناطق الساحلية الشرقية في كينيا وتنجانيقا وموزمبيق وهو يختلف عن المناخ المدارى القارى في أن أمطاره تسقط طول السنة ، وأنها لا تسقط بسبب التيارات الهوائية الصاعدة وحدها ، إذ أن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية المحملة بالرطوبة تهب على هذه السواحل من المحيط الهندى طول السنة وتسبب سقوط أغلب الأمطار ، ولكن يلاحظ إلى جانب ذلك أن نسبة كبيرة من الأمطار التى تسقط صيفا على القسم الشمالى من هذه السواحل سببها هو نشاط التيارات الهوائية الصاعدة التى تنشط عندما يتحرك نطاق الضغط المنخفض الاستوائى جنوبا في فصل الصيف (الجنوبي) .

أما درجة الحرارة فمرتفعة طول السنة ، ولا تختلف كثيرا عن درجة الحرارة في النطاق الاستوائى من حيث ارتفاعها وعدم وجود فرق كبير بين حرارة الصيف والشتاء، وهذا يختلف عما نلاحظه في المناخ المدارى القارى . والحياة النباتية في هذا المناخ تتكون في مجملها من غابات كثيفة لا تختلف كثيرا عن الغابات الاستوائية المطيرة .

المناخ المدارى الصحراوى :

يتمثل هذا المناخ فى الصحراء الكبرى التى تشغل معظم شمال القارة ما بين مناطق السفانا فى الجنوب وساحل البحر المتوسط فى الشمال، كما يتمثل فى جنوب القارة حيث توجد صحراء كلهارى وصحراء ناميبيا الساحلية، وأهم ما يميزه هو ارتفاع درجة الحرارة بصفة عامة خصوصا أثناء النهار فى فصل الصيف حيث تصل أحيانا إلى ٤٩° مئوية أو أكثر، والمدى اليومى والفصلى لدرجة الحرارة أعظم فى هذا المناخ منه فى أى نوع مناخى آخر، أما الأمطار فهى معدومة أو نادرة إلا فى بعض الأماكن القليلة التى يرتفع فيها سطح الأرض، كما هى الحال فى منطقة هضبة الهوجار، ففى هذه المناطق تسقط بعض الأمطار التى تساعد على ظهور عدد من الواحات، والرياح السائدة على الصحراء الكبرى فى معظم أيام السنة هى الرياح التجارية الشمالية الشرقية، وهى شديدة الجفاف لمرورها على مساحات واسعة من اليابس ولهبوبها نحو مناطق أشد حرارة بصفة عامة من المناطق التى تهب منها، ومع ذلك فإن هذه الرياح تسقط بعض الأمطار إذا صادفت أرضا مرتفعة، كما يحدث على هضبة الهوجار وتيستى، ويلاحظ أن السواحل الغربية للصحراء الكبرى أقل حرارة من بقية الصحراء لأنها تتأثر بتيار الكنارى البارد، كما يكثر الضباب بالقرب من هذه السواحل بسبب مرور الهواء على المياه الباردة، ومثل هذا يمكن أن يقال كذلك على صحراء ناميبيا التى يمر بجوارها تيار بنجويلا البارد، ويلاحظ أن صحراء كلهارى وصحراء ناميبيا أقل جفافاً بصفة عامة من الصحراء الكبرى، ويرجع ذلك إلى ضيق القارة وارتفاع مستوى سطحها عنه فى الشمال، والحياة النباتية فى الصحراء فقيرة جداً، وإن وجدت فإنها تكون عبارة عن نباتات شوكية من الأنواع التى تتحمل الجفاف، ولكنها تكثر نوعا ما فى الواحات وفى المناطق الانتقالية بين الصحراء والسفانا.

١٢ — ٢ — ٢ — المناخ المعتدل الدافئ :

أ — مناخ البحر المتوسط :

أهم ما يميز هذا المناخ هو سقوط معظم الأمطار أو كلها في نصف السنة الشتوى ، وهو يتمثل في شمال القارة في شريط ضيق يمتد على طول ساحل البحر المتوسط ، ويزداد اتساع هذا الشريط عموماً كلما اتجهنا غرباً ، كما أن تضاريس الشريط الساحلى وشكل الساحل نفسه لهما كذلك دخل فى تحديد اتساع المنطقة التى تدخل فى هذا المناخ ، وسبب أمطار البحر المتوسط هى الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاقها، وتظهر هذه المنخفضات بكثرة فى الشتاء ، كما تظهر كذلك فى الربيع والخريف . ويتراوح المعدل السنوى للأمطار فى هذا النوع من المناخ بين ٤٥ و ٨٦ سنتيمتراً ، وهى تتناقص كلما اتجهنا شرقاً ، فبينما تبلغ فى مدينة الجزائر ٧٥ سنتيمتراً فى السنة نجد أنها تبلغ ٢٠ سنتيمتراً فى الاسكندرية و ٧ سنتيمترات فى بورسعيد وعلى الرغم من قلة أمطار الساحل الشمالى لمصر بهذا الشكل ، فإننا يمكن أن نعتبره مع التجاوز داخلاً فى هذا النوع من المناخ ، ولو أنه فى الحقيقة يمثل مرحلة انتقالية بين المناخ الصحراوى ومناخ البحر المتوسط، وأكثر المناطق أمطاراً فى شمال إفريقيا هى منطقة جبال أطلس بسبب ارتفاعها من جهة ولأن معظم الأمطار تأتى من الغرب من جهة أخرى .

ويتمثل مناخ البحر المتوسط فضلاً عن ذلك فى منطقة الكاب بأقصى جنوب القارة حيث تسقط بعض الأمطار شتاء نتيجة لتزحزح نطاقات الضغط الجوى نحو الشمال مما يؤدى إلى دخول هذه المنطقة فى نطاق الرياح الغربية ، ويبلغ معدل الأمطار فى كيب تون حوالى ٧٥ سنتيمتراً فى السنة .

والحياة النباتية التى تنمو فى مناخ البحر المتوسط تتكون فى جملتها من أشجار يمكنها أن تتحمل جفاف فصل الصيف ، ومنها بعض الأشجار ذات الجذور الطويلة التى تستطيع الاستفادة بالمياه الباطنية مثل أشجار الزيتون

واللوز والكروم . وعلى منحدرات جبال أطلس تنمو أشجار الصنوبر والبلوط ، وتزرع في هذا المناخ كذلك كثير من نباتات المنطقة المعتدلة مثل القمح والشعير .

والى جانب الأنواع المناخية السابقة ، وهى التى تتكرر حول خط الاستواء فى النصفين الشمالى والجنوبى للقارة توجد بعض الأنواع المناخية الأخرى التى تظهر نتيجة للظروف الخاصة بالموقع والتضاريس وهى :

ب - مناخ ناتال :

وهو يمثل المناخ المعتدل الدافئ فى شرق القارة وأهم ما يميزه عن مناخ البحر المتوسط أن أمطاره تسقط طول السنة ، فهى تسقط فى فصل الشتاء الجنوبى (يوليو) بسبب المنخفضات الجوية التى تصل إليه من الغرب ، وهى إما أن تتكون على القارة نفسها أو تصل إليها من المحيط الأطلسى ، أما فى فصل الصيف (ديسمبر) فتدخل منطقة ناتال فى نطاق الرياح التجارية التى تهب عليها من المحيط الهندى وتسبب سقوط أمطار غزيرة على الساحل وعلى منحدرات الجبال .

أما درجة الحرارة فهى معتدلة طول السنة حتى فى فصل الصيف لأن الرياح التى تهب من المحيط تساعد على تلطيف درجة الحرارة . ونظرا لأن تيار موزمبيق الحار يمتد أثره إلى الطرف الجنوبى الشرقى للقارة الإفريقية ، فإن هذا الأثر يبدو واضحا على مناخ ساحل ناتال ، خصوصا فى فصل الشتاء حيث يساعد على رفع درجة الحرارة .

ج - المناخ المعتدل القارى :

وهذا النوع هو الذى يعرف كذلك باسم مناخ الاستبس وهو يتمثل بصفة خاصة فى إقليم القلند ، وتسقط معظم أمطاره فى فصل الصيف عندما تتوغل الرياح التجارية فى الداخل ، وهذا المناخ معتدل من حيث درجة الحرارة بسبب ارتفاع الهضبة ، والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن حشائش من نوع

الاستبس ، وهى التى تشتهر . سم « القلده » وتربى عليها قطعان كبيرة من الماشية والأغنام ، وقد قامت زراعة بعض الحبوب والفاكهة فى الأماكن التى تكفى أمطارها لهذه الزراعة .

د - المناخ المعتدل الدائم الموسمي :

ويوجد بصفة خاصة فى هضبة الحبشة ، التى تسقط عليها الأمطار فى الصيف بسبب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية من ناحية خط الاستواء ، وهذه الأمطار هى المصدر الذى يستمد منه نهر النيل مياه الفيضان . ونظراً لارتفاع الهضبة فإنها تكون أقل حرارة من المناطق التى حولها ، والحياة النباتية معظمها عبارة عن غابات موسمية تسقط أوراقها فى الشتاء وهو فصل انقطاع الأمطار .

مناخ العالم العربى

- ١٣ - ١ - موقع العالم العربى وآثاره المناخية .
- ١٣ - ٢ - الآثار التضاريسية على مناخ العالم العربى .
- ١٣ - ٣ - الضغوط الجوية الرئيسية المؤثرة على مناخ العالم العربى فى الصيف والشتاء .
- ١٣ - ٤ - الدورات الهوائية المترتبة على الضغوط الجوية .
- ١٣ - ٥ - الرياح المحلية والزوابع الترابية .
- ١٣ - ٦ - أنواع الهواء (الكتل الهوائية) .
- ١٣ - ٧ - الأحوال الحرارية .
- ١٣ - ٨ - الأمطار .
- ١٣ - ٩ - الأقسام المناخية للعالم العربى حسب تقسيم كوين .

مناخ العالم العربى

١٣ - ١ - موقع العالم العربى وآثاره المناخية :

يقع الدالم العربى فى جملته فى العروض المدارية والمعتدلة الدافئة ، حيث أن بعض أطرافه الجنوبية تقترب من خط الاستواء ، بل إنها تصل فى أحد المواضع ، وهو الطرف الجنوبى للصومال إلى خط عرض ٣° جنوبا ، ولهذا فباستثناء الجبال المرتفعة ، فإن الصفة المناخية السائدة فى كل العالم العربى هى شدة الحرارة فى الصيف واعتدالها فى الشتاء .

ويمتد هذا العالم بشكل نطاق عظيم وسط أكبر تجمع قارى فى العالم ، ولهذا فإن الصفة القارية هى الصفة المناخية السائدة فيه ، وذلك على الرغم من أن له سواحل ممتدة لبضعة آلاف من الكيلومترات على المحيطين الأطلسى والهندي وعلى البحرين الأحمر والمتوسط وعلى الخليج العربى ، لأن تأثير هذه المسطحات على مناخه لا يتوغل كثيرا فى الداخل إلا فى مناطق محدودة ، بينما ينحصر فى أغلبها فى أشربة ضيقة يتوقف اتساعها على طبيعة المسطح المائى نفسه وعلى تضاريس الساحل واتجاه الرياح السائدة . فالبحر الأحمر مثلا تأثيره شئود بسبب ضيقه وإحاطة الجبال والصحارى به من الشرق والغرب ، وارتفاع درجة حرارة مياهه ، وهبوب الرياح السائدة عليه من الاتجاهات الشمالية ، أما البحر المتوسط فتأثيره أكبر من تأثير البحر الأحمر لعدة أسباب منها أنه أكبر اتساعا وامتدادا ، وأن مياهه أقل حرارة بصفة عامة ، وأن الرياح السائدة عليه تهب من الاتجاهات الشمالية والغربية وتصل إلى بعض المناطق الساحلية بعد أن تكون قد قطعت رحلة طويلة فوق مياهه ، ويكون اتجاهها متعامدا تقريبا على امتداد بعض هذه السواحل ، كما أن هذا البحر له تأثير قوى على الضغط الجوى

وعلى النشاط الإعصاري الذي يؤدي إلى حدوث معظم الاضطرابات الجوية وسقوط معظم الأمطار في البلاد المحيطة به . وسنعود لمعالجة هذا الموضوع عند الكلام على الضغط الجوي والدورات الهوائية .

ويلاحظ أن تأثير المحيط الهندي على مناخ العالم العربي لا يتناسب مع حجمه أو موقعه ، إذ أن تأثيره ينحصر عموماً في زيادة رطوبة الهواء على السواحل المجاورة له وفي تزويد المناطق الجنوبية والشرقية من شبه الجزيرة العربية بالهواء المداري البحري الرطب الذي يؤدي إلى سقوط الأمطار إذا ما تهيأت الظروف اللازمة لرفعه إلى أعلى وهو ما يحدث عادة عند مرور المنخفضات الجوية أو حدوث عواصف الرعد .

أما المحيط الأطلسي فتأثيره في مناخ البلاد العربية أكبر بكثير من تأثير المحيط الهندي لأن القسم الاستوائي منه ، وهو القسم الذي يشمل خليج غانه ، هو مصدر الهواء المداري البحري الذي يحمل معظم أمطار السودان والحبيشة والقرن الإفريقي ومرتفعات اليمن وجنوب المملكة العربية السعودية ، كما أن قسمه الممتد بجوار غربي إفريقيا وجنوب غربي أوروبا هو مصدر الهواء الرطب الذي يحمل معظم الأمطار التي تسقط على المغرب العربي .

وعلى العموم فإن الآثار البحرية التي تنتج من وجود المسطحات المائية التي ذكرناها لا تكفي لتغيير الحقيقة الخاصة بقارية المناخ في معظم أجزاء العالم العربي ، حيث أن المناطق التي تظهر في مناخها الصفات البحرية الكاملة وأهمها انخفاض المدى الحراري وارتفاع رطوبة الهواء وكثرة السحب والضباب والأمطار أغلبها عبارة عن أشرطة ساحلية متباينة الاتساع في سوريا ولبنان وشمال فلسطين وبنقة والمغرب العربي ، وفيما عدا ذلك فإن كثيراً من المناطق الساحلية لا يظهر فيها من صفات المناخ البحري إلا ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء وانخفاض المدى الحراري وخصوصاً المدى الحراري اليومي . وفي كثير من هذه المناطق تمتد الصحاري حتى تصل إلى شاطئ البحر مباشرة ، ولكن

نظرا لوجود بعض المظاهر البحرية في مناخ هذه الصحارى فإنها توضع عادة ضمن نوع مناخى صحراوى - بحارى هو « المناخ الصحراوى الساحلى أو البحرى » . وينطبق هذا على معظم المناطق الساحلية في شبه الجزيرة العربية ، وفي شمالى مصر وليبيا وفي غربى المملكة المغربية .

وبالإضافة إلى أن قارية المناخ في معظم أجزاء العالم العربى ترجع إلى موقعه الجغرافى في وسط أكبر كتلة قارية في العالم فإن موقعه بالنسبة لنطاقات الضغط الجوى الدائمة والدورة الهوائية العامة التى ترتبط بها يعتبر هو الآخر سببا من أسباب جفافه وانتشار الصحارى فيه . حيث أن أغلبه يقع في نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان ، وهنا يكون الهواء دائما ميالا للهبوط فلا يتيح الفرصة لارتفاع الهواء وتشكيل السحب الممطرة ، كما أن الرياح السائدة على العالم العربى هى الرياح التجارية التى تهب من الاتجاهات الشمالية والتى تكون عادة جافة بسبب قدومها من اليابس .

١٣ - ٢ - الآثار التضاريسية على مناخ العالم العربى :

تلعب التضاريس دورا رئيسيا في تنوع المناخ . وهو دور يسهل إدراكه من مقارنة الأنواع المناخية على الجوانب المتقابلة للجبال . ومن مقارنة مناخ الوديان والسهول بمناخ المرتفعات المجاورة لها . ويظهر تأثير هذا العامل واضحا في كل العناصر المناخية ، ولكنه يبدو واضحا بصفة خاصة بالنسبة لعنصرى الحرارة والأمطار ، فبالنسبة للحرارة يساعد الارتفاع عن سطح البحر على خلق أنواع مناخية معتدلة أو باردة نسبيا في وسط المناطق السهلية الحارة أو الدافئة ، كما أنه قد يؤدي كذلك إلى رفع درجة حرارة الوديان والسهول الواقعة في حضن الجبال بسبب هبوط الهواء نحوها من الجبال وارتفاع درجة حرارته بسبب انضغاطه كما يحدث في ظاهرة « الفهن Fohn »^(١) . وهى ظاهرة

(١) هذه الظاهرة منسوبة إلى « رياح الفهن » وهى رياح علية دافئة تهب على منحدرات الجبال في سوبسة وتكتسب كثيرا من حرارتها من انضغاطها عند هبوطها من أعلى الجبال إلى الوديان المجاورة .

يمكن ملاحظتها في جبال لبنان وجبال أطلس وجبال شمال ليبيا ، عندما تضطر الرياح لعبورها والانحدار على جوانبها نحو الوديان والسهول المجاورة .

وتلعب التضاريس دوراً رئيسياً كذلك في توزيع الأمطار التي يسقط أغلبها على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح الرطبة ، بينما تقل أو تنعدم على المنحدرات والمناطق التي تقع في الجانب الآخر أي في ظل المطر . ولهذا فإن السلاسل الجبلية تعتبر من أهم الحواجز المناخية ، وتظهر أهميتها بصفة خاصة في المناطق التي تمتد جبالها موازية للساحل ، والتي تهب رياحها السائدة من ناحية البحر في مواجهة الجبال . كما هي الحال على المنحدرات البحرية لجبال أطلس وجبال برقة وجبال لبنان ، وهي تعتبر من أكثر أجزاء البلاد العربية مطراً . وتوجد في العالم العربي كذلك بعض المناطق الجبلية البعيدة عن البحر المتوسط ، ومن أهمها الجبال الممتدة على جانبي البحر الأحمر ومرتفعات اليمن وعمان وشمال العراق وجنوبي السودان وغربيه . ولكل منها ظروفها الخاصة ومناخها الخاص الذي يميزها عن المناطق المنخفضة التي حولها .

١٣ - ٣ - الضغوط الجوية الرئيسية المؤثرة على مناخ العالم العربي

إن الضغط الجوي وما يطرأ عليه من تغيرات فصلية أو شهرية أو خلال فترات أطول من ذلك أو أقصر هو في الواقع العامل الأساسي الذي يتحكم في الدورات الهوائية وما يصاحبها من مظاهر جوية مختلفة . ولهذا فلا بد لنا من تحديد أهم مناطق الضغط الجوي التي لها أدوار مهمة في مناخ العالم العربي وما يطرأ عليها من تغير على مدار السنة ، تبعاً لتغير الأحوال الحرارية التي تترتب على حركة الشمس الظاهرية من جهة وعلى توزيع الماء واليابس من جهة أخرى .

نقى فصل الصيف (يوليو) تكون أهم الضغوط المؤثرة في مناخ العالم العربي كما يأتي :

١ — الضغط المنخفض الاستوائى ، الذى يترشح نحو الشمال لىغطى كل شمالى إفريقيا وغربى آسيا وجنوبها ، ويكون له مركزان رئيسيان أحدهما على شمالى السودان ويعرف باسم « منخفض السودان الموسمى » والثالى -على باكستان وشمال غربى الهند ، ويعرف باسم « منخفض الهند الموسمى » . ويلعب هذان المركزان أدوارا هامة فى الأحوال الجوية والمناخية فى كل البلاد العربية تقريبا ، وخصوصا فى المشرق العربى وحوض النيل والصومال .

ويلاحظ أن تترشح الضغط المنخفض الاستوائى (وغيره من نطاقات الضغط العامة) نحو الشمال فى هذا الفصل يترتب عليه انتقال الجبهة بين المدارية (أو الاستوائية) ITCZ* فى نفس الاتجاه حتى أنها تكون فى منتصف الفصل تقريبا ممتدة مع دائرة العرض ١٥° شمالا تقريبا ، ويتبع ذلك حدوث تعديلات جوهرية فى الدورة الهوائية العامة ، حيث تندفع الرياح التجارية القادمة من جنوبى خط الاستواء نحو الشمال وتتحول إلى جنوبية غربية على شمالى المحيط الهندى والبحر العربى والقرن الإفريقى ونطاق السودان ، بل إن بعضها قد يواصل اندفاعه شمالا إلى جنوبى شبه الجزيرة العربية وجنوبى الصحراء الكبرى .

٢ — الضغط المنخفض الموسمى الذى يتكون على أواسط آسيا بسبب ارتفاع درجة الحرارة . وهو يلتقى بالضغط المنخفض الاستوائى الذى سبق ذكره ويتكون منهما أعظم نطاق للضغط المنخفض على سطح الكرة الأرضية . وهو الذى يتحكم فى مناخ كل النصف الشمالى من العالم القديم فى هذا الفصل ، وتتكون فى نطاقه سلسلة من الجبهات القطبية والمدارية التى تندفع نحوها الرياح من الاتجاهات المختلفة .

٣ — الضغط المرتفع وراء مدار السرطان (الآزورى) الذى يترشح فى هذا الفصل نحو الشمال ، ويختفى من فوق آسيا وجنوبى أوروبا وشمالى

* اختصار عبارة Inter Tropical Convergence Zone

إفريقيا ، بينما يبقى متمركزاً على المحيط الأطلسي حول جزر أزورس . ويمتد منه على الرغم من ذلك ذراع طويل فوق البحر المتوسط والأطراف الشمالية من إفريقيا والأطراف الغربية من آسيا .

ويحدث التحول من الضغط المنخفض الشتوي على البحر المتوسط إلى الضغط المرتفع الصيفي فوقه تدريجياً ، ففي أواسط أبريل يكون قد تكون لسان من الضغط الجوي المرتفع على أراضي البحر المتوسط الإفريقية ، بينما يظل الضغط منخفضاً على البحر نفسه حتى أواسط شهر مايو ، ثم يأخذ في الاختفاء خلال الأيام العشرة الأخيرة منه ليحل محله ضغط مرتفع ممتد من الضغط المرتفع الذي سبق تكونه على شمالي إفريقيا . إلا أن الضغط المرتفع الأزوري لا يتمكن من السيطرة تماماً على كل حوض البحر المتوسط إلا بعد ٢٥ يونيو . وقد كان لهذا التأخر آثار مناخية مهمة ، حيث أن شهر يونيو يكون في معدل حرارته أقرب إلى أشهر الربيع منه إلى أشهر الصيف وأن الجفاف الصيفي الحقيقي لا يبدأ في هذا الشهر بل يتأخر حتى أوائل شهر يوليو .^(١)

٢ — الضغط المرتفع وراء مدار الجدي ، وهو يتوزح شمالاً في هذا الفصل بحيث يمتد بين خطي عرض ٢٥° و ٣٠° جنوباً على الماء واليابس . ويلاحظ أن هذا الفصل يكون شتاءً في الجنوب ، ولكن نظراً لصغر مساحة اليابس بالنسبة للماء فإن نطاق الضغط المرتفع يمتد عليهما بشكل نطاق متصل ولكنه يكون أعلى نسبياً على استراليا وجنوبي إفريقيا حيث تكون البرودة أشد منها على المحيطات .

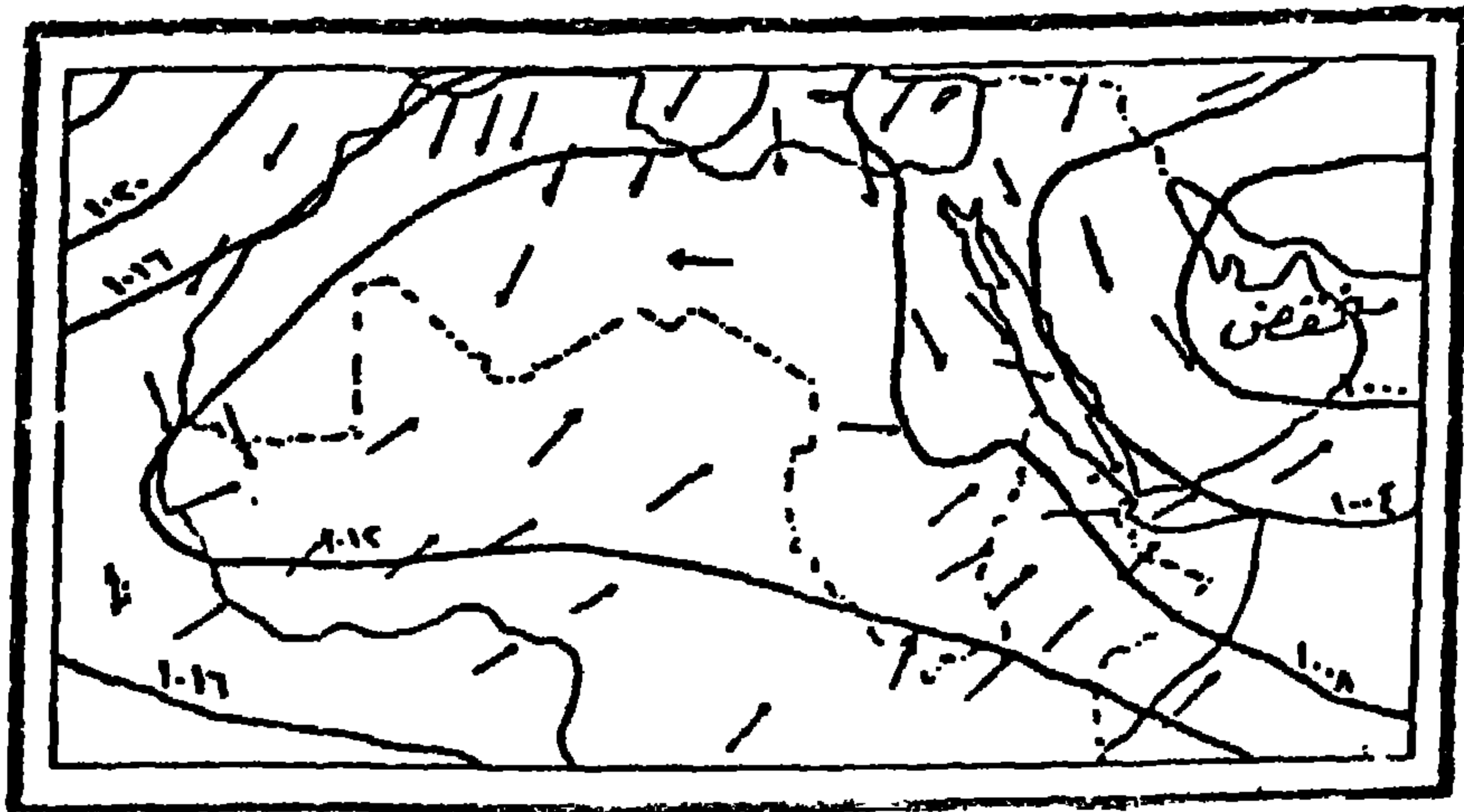
ومن هذا النطاق تهب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية التي تعبر خط الاستواء لتتحول إلى جنوبية غربية . وتصل في هبوبها إلى شمالي السودان والصومال وجنوبي شبه الجزيرة العربية وخصوصاً اليمن وتكون رطبة أو جافة على حسب طبيعة المناطق التي تجيء منها أو تمر عليها .

وفي فصل الشتاء (يناير) تظل الضغوط الصيفية موجودة ، ولكنها تتعرض لتغيرات أساسية كما يأتي :

(١) Trewartha, " The Earth Problem Climates," Methuen, London, 1946. P. 224.



شكل رقم (١٠٠) الضغط والرياح خلال الشتاء على العالم العربي



شكل رقم (١٠١) الضغط والرياح خلال الصيف على العالم العربي

١ — يتزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الجنوب فيقع أغلبه إلى الجنوب من خط الاستواء . وعلى الرغم من أنه يمتد بدون انقطاع على الماء واليابس إلا أن أعماق مراكزه تكون على استراليا وجنوب إفريقيا بسبب شدة حرارتهما في هذا الفصل (وهو الصيف الجنوبي) . وفي إفريقيا بالذات نلاحظ أن هذا النطاق لا ينتقل بأكمله إلى الجنوب من خط الاستواء ، بل يظل قسم منه واقعا إلى الشمال منه . ويرجع ذلك إلى اتساع القسم الشمالى من القارة وبقاء درجة حرارته مرتفعة إلى حد ما . وتكون الجبهة الاستوائية ITCZ ممتدة عندئذ حوالى خط عرض ٥° جنوبا .

٢ — الضغط المرتفع وراء مدار السرطان ، وهو يتزحزح قليلا نحو الجنوب ، ويتكون منه نطاق متصل على المحيط الأطلسى وكتلة أوراسيا وشمال الصحراء الكبرى . وتساعد برودة آسيا في هذا الفصل على تكون مرتفع جوى موسمي فوقها ، وبالتقاء هذا الضغط بالضغط المرتفع وراء مدار السرطان يتكون منهما معا أعظم نطاق من الضغط المرتفع في العالم . وهذا النطاق هو الذى يسيطر على مناخ كل أوراسيا ومعظم إفريقيا .

٣ — الضغط المنخفض الذى يتكون على البحر المتوسط بسبب دفئه بالنسبة لليابس المحيط به . ويكون الامتداد العام لهذا الضغط بين الشمال الغربى والجنوب الشرقى ، فيفصل في هذه الحالة بين الضغط المرتفع الآسيوى والضغط المرتفع الآزورى . ويعتبر البحر المتوسط عندئذ ممرا رئيسيا للمنخفضات الجوية^(١) .

٤ — الضغط المرتفع وراء مدار الجدى ، وهو يتزحزح جربا في هذا الفصل حتى يقع في جملته بين خطى عرض ٢٠° و ٣٥° جنوبا ، وليس لهذا الضغط تأثير كبير على مناخ العالم العربى في هذا الفصل ، إلا أن بعض التيارات الهوائية قد تندفع منه نحو جنوبى الصومال وجنوبى السودان حيث تصلهما

(١)

بشكل رياح جنوبية غربية ، بعد أن كانت جنوبية شرقية قبل عبورها لخط الاستواء .

٥ - المنخفضات الجوية ، ويقصد بها المنخفضات التي تتكون في العروض المعتدلة في نصف السنة الشتوى ، وهى المسؤولة عن معظم التقلبات الجوية في معظم البلاد العربية في نصف السنة الشتوى . وعلى الرغم من أن هذه المنخفضات تتحرك عادة من الغرب إلى الشرق ، وأن خطوط سيرها توجد غالبا على جنوبى أوروبا وحوض البحر المتوسط فإن تأثير بعضها قد يمتد نحو الجنوب حتى شمال السودان وجنوب شبه الجزيرة العربية ويعتبر البحر المتوسط نفسه منطقة رئيسية من مناطق نشأة هذه المنخفضات ، وإن كان بعضها قد ينشأ على الأراضي المجاورة له أو ينزوه من ناحية الغرب

وقد دل إحصاء المنخفضات الجوية خلال عشر سنوات من ١٩٢٩ حتى ١٩٣٩ على أن مجموع مظاهر منها في الأشهر المبتدئة بأكتوبر والنتية بمايو من هذه السنوات بلغ ٤٤٢ منخفضا وأن ٧٤ منها نشأ في المنطقة الواقعة بين تونس وإيطاليا بينما نشأ ٣٠ منها جنوب جبال أطلس ، وقد لوحظ أن المنخفضات التي تنشأ إلى الجنوب من جبال أطلس تنشأ غالبا في الربيع بل و ينشأ بعضها في فصل الصيف^(١) .

١٣ - ٤ - الدورات الهوائية والرياح المترتبة على الضغوط الجوية .

في ضوء الدراسة السابقة للضغوط الجوية ، وتوزيع مناطقها وما يطرأ عليها من تغير بين الصيف والشتاء يمكننا أن نرسم صورة عامة لنظام الرياح السائدة على مختلف أجزاء العالم العربى فيما يلى : من الطبيعى أن تكون الرياح التجارية التي تهب من الاتجاهات الشمالية عموما هى أوسع أنواع الرياح العامة انتشارا في العالم العربى بسبب وقوع القسم الأكبر منه في نطاقها . وهى في جملتها رياح منتظمة ذات تأثير ملطف وخصوصا في الصيف إلا أن نزحزح الجبهة

الاستوائية ITCZ نحو الشمال في هذا الصيف ونحو الجنوب في فصل الشتاء يترتب عليه تغير في موقع الحد الجنوبي للنطاق الذي تسوده هذه الرياح من فصل إلى آخر ..

ففي فصل الصيف تكون الجبهة الاستوائية ممتدة على شمال إفريقيا وغرب آسيا مع خط عرض ١٥° شمالا تقريبا ، ويكون هذا الخط هو الحد الجنوبي لنطاق الرياح التجارية والحد الشمالي لنطاق الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التي كانت في الأصل تجارية جنوبية شرقية ثم انحرفت بعد عبورها لخط الاستواء أما في فصل الشتاء فيتغير الوضع حيث تأخذ الجبهة ITCZ في الترحل تدريجيا نحو الجنوب حتى تصل إلى الجنوب من خط الاستواء، وهكذا فإن الحد الجنوبي لنطاق الرياح التجارية يتمشى في هذا الفصل مع خط الاستواء تقريبا . بينما يترحل الضغط المرتفع الآزوري في نفس الاتجاه . ويمتد . على شمال إفريقيا وغرب آسيا كما سبق أن بينا . ونتيجة لهذا يدخل شمال الوطن العربي (حتى خط عرض ٢٩° شمالا تقريبا) في منطقة الانتقال بين الرياح الغربية والرياح التجارية . ويكون معرضا للتقلبات التي يسببها النشاط الإعصاري على البحر المتوسط الذي يكون عندئذ مركزا لضغط منخفض . ولذلك فإن اتجاهات الرياح تكون متقلبة .

وبناء على التوزيع السابق للضغط الجوي والرياح يمكننا أن نقسم العالم العربي على أساس اتجاهات الرياح السائدة إلى ثلاثة نطاقات هي :

١ - النطاق الواقع شمال خط عرض ٢٩° شمالا ، وهو الخط الذي تقع عليه مدينة الكويت ويمر إلى الشمال من حائل وتبوك في المملكة العربية السعودية ومدينة بنى سويف على نهر النيل وواحة سيوة بصحراء مصر الغربية ووحدات جغبوب وجالو وغدامس في شمال ليبيا . ففي كل المناطق الواقعة شمال هذا الخط تكون الرياح التجارية سائدة في فصل الصيف . ويتوقف اتجاهها على موقع المنطقة بالنسبة لمركز الضغط الآزوري في الشمال وللخفضات الواقعة على امتداد الجبهة الاستوائية ITCZ في الجنوب ، وأهمها منخفض

السودان الموسمي ومنخفض الهند الموسمي . إلا أن أغلبها يكون شماليا غربيا أو شماليا ، ففي مدينة الاسكندرية مثلا تكون النسبة المثوية للرياح الشمالية الغربية في شهر يوليو ٥٢٪ والنسبة المثوية للرياح الشمالية ٢٩٪ بينما لا تكاد تهب رياح تذكر من الاتجاهات الجنوبية (راجع جدول ٢٨) .

أما في فصل الشتاء فتكون الرياح في هذا النطاق متقلبة الاتجاه وتكون موزعة على جميع الاتجاهات بنسب متقاربة مع ميل إلى زيادة نسب مرات الهبوب من الاتجاهات الشمالية والغربية . ويرجع ذلك إلى أن هذا النطاق يقع في المنطقة الانتقالية بين النطاق الذي تسوده الرياح التجارية في الجنوب والنطاق الذي تسوده الرياح الغربية (العكسية) في الشمال ، وإلى أنه يتعرض في هذا الفصل لغزو كثير من المنخفضات الجوية التي تعبره من ناحية الغرب ، والتي تؤدي إلى تقلبات كثيرة في اتجاهات الرياح .

٢ - النطاق المحصور بين خطي عرض ٢٩° و ١٨° شمالا تقريبا ، وهو يضم معظم النطاق الصحراوي المداري من الوطن العربي من الخليج العربي في الشرق حتى ساحل المحيط الأطلسي في الغرب ، وفيه تسود الرياح التجارية التي تهب من الاتجاهات الشمالية بصفة دائمة تقريبا ، ومعظمها يهب من الشمال والشمال الشرقي ، فإذا راجعنا اتجاهات الرياح في وادي حلفا مثلا (الجدول ٣٨) نجد أن ٣٢٪ منها اتجاهها شمالي ، و ٩٪ اتجاهها شمالي غربي ، كما نجد أن نسب مرات السكون في نفس الشهر مرتفعة جدا حيث تصل إلى ٤٥٪ . ولا يتغير الوضع كثيرا في شهر يوليو عنه في شهر يناير حيث تظل الرياح التجارية هي السائدة ، إلا أن التغيرات التي تطرأ على توزيع مناطق الضغط الجوي الرئيسية في الصيف تؤدي إلى زيادة مرات هبوب الرياح الشمالية الغربية والغربية على حساب الرياح الشمالية والشمالية الشرقية ، كما أن ترحل الجبهة الاستوائية ITCZ نحو الشمال في هذا الفصل يؤدي إلى وصول بعض الرياح الجنوبية الغربية إلى الأجزاء الجنوبية من هذا النطاق في بعض الأحيان .

جدول (٣٨) النسبة المئوية لاتجاهات الرياح على بعض بلاد مصر
والسودان في شهرى يناير ويوليو

الاسكندرية	يناير	ش	ش ق	ق	ج ق	ج	ج غ	غ	ش غ	مكون
	١٣	١٠	٧	٧	٧	٧	١٤	١٨	١٨	٦
	٢٩	٦	١	مفر	مفر	مفر	مفر	١١	٥٢	١
القاهرة	١٣	٥	١	٥	٢٦	١٤	٨	٢	٢٤	٢٤
	٢٤	٥	١	١	مفر	١	٢٠	٢١	١٧	١٧
وادي حلفا	٣٢	١٣	مفر	مفر	مفر	مفر	مفر	٩	٤٥	٤٥
	١٧	٦	مفر	مفر	١	٤	٥	٢١	٤٦	٤٦
الخرطوم	٥٦	٢٠	١	مفر	مفر	مفر	مفر	١٣	١٠	١٠
	٢	مفر	١	٣	٢١	٢٦	٩	٢	١٥	١٥
حلة دهب	٦٨	٢٣	١	مفر	٢	مفر	مفر	مفر	٥	٥
	١	٦	١١	١١	٢٤	٩	٢	١	٢٢	٢٢
منجلا	٢١	١٥	٢٠	٤	٨	٣	٥	٩	٥	٥
	٩	٦	١٣	١٤	٢٥	٧	٧	٢	١٥	١٥

٣ — النطاق الواقع إلى الجنوب من خط عرض ١٨° شمالا حتى خط الاستواء ، وهو نطاق يتميز بنظامه الموسمي الذي يسببه انتقال الجبهة الاستوائية ITCZ نحو الشمال في الصيف ونحو الجنوب في الشتاء ، ولهذا فإن الرياح الشتوية تهب كلها تقريبا من الاتجاهات الشمالية ، أما الرياح الصيفية فيهب أغلبها من الاتجاهات الجنوبية ، ففي مدينة الخرطوم مثلا نجد أن ٥٦٪ من رياح شهر يناير تهب من الشمال و ٢٠٪ منها تهب من الشمال الشرقى و ١٣٪ من الشمال الغربى ، بينما نجد في شهر يوليو أن ٣٦٪ من الرياح تهب من الجنوب الغربى و ٣١٪ من الجنوب و ٩٪ من الغرب ، بينما يندر هبوبها من الاتجاهات الشمالية .

١٣ — ٥ — الرياح المحلية والزوابع الترابية :

لا يمكننا أن نترك موضوع الرياح في العالم العربى دون أن نشير إلى الرياح المحلية ذات الصفات الخاصة ، والتي نسيبها عادة تغيرات عارضة في الضغط الجوى ، ومن أهمها المنخفضات الجوية التي سبقت الإشارة إليها ، أو نشير إلى الزوابع

التراية التى تشتهر بها معظم البلاد الواقعة فى قلب الصحارى أو على أطرافها ،
والتي لا يكاد يخلو منها بلد عرى تقريبا .

ففى العالم العرى تمثل كل أنواع الرياح المحلية سواء فى ذلك الرياح اليومية
التي تشتمل على نسيم الير والبر ونسيم الجبل والوادي، أو الرياح التي
تسببها تغيرات فى الضغط الجوي وأهمها رياح الخماسين فى شمال مصر ورياح
القبلى فى شمال ليبيا والسموم فى المغرب العرى وشبه الجزيرة العربية . وكلها
رياح صحراوية حارة تهب فى مقدمة المنخفضات الجوية الربيعية ، وكثيرا
ماتكون محملة بالأتربة والرمال الناعمة ، وهى المسؤولة غالبا عن الموجات
الحرارية الشاذة التي تسجل أثناء أعلى النهايات الحرارية العظمى .

وتظهر فى العالم العرى كذلك رياح جبلية من نوع « الفهن » التي تشتهر
بها المنحدرات الشمالية لجبال الألب والتي تكتسب حرارتها نتيجة لانضغاطها
عند هبوطها على جوانب الجبال . ولهذا فإن ظهورها يقتصر على الأقاليم الجبلية
فى المغرب العرى وشمالي ليبيا وجبال سوريا ولبنان وشمالي العراق . وفى هذه
المناطق يظهر كذلك نسيم الجبل والوادي ، ولكن ظهورها يكون عادة
مقصورا على الأيام التي لاتسودها رياح قوية .

وفى كل البلاد الساحلية فى العالم العرى يظهر نسيم البر والبحر واضحين ،
وخصوصا فى فصل الصيف . ويستفيد صيادو السمك فى المياه الساحلية بهذه
الظاهرة ، حيث تبدأ زوارقهم فى التحرك نحو داخل البحر عندما يبدأ نسيم البر
بعد الغروب ثم تبدأ رحلة العودة إلى البر فى الصباح مع بدء نسيم البحر .

أما الزوابع التراية والرملية فهى من الظواهرات المألوفة فى كل البلاد العربية
تقريبا ، ومع ذلك فإن ظهورها نادر فى بعض المناطق التي تتميز بكثرة أمطارها
وكثافة غطائها النباتى الطبيعى أو الزراعى ويعدها عن مناطق الرمال والأتربة
المفككة ، ومن أمثلتها سهول جنوب السودان ودلتا نهر النيل . وتكثر هذه
الزوابع بصفة خاصة فى البلاد الواقعة على أطراف الصحارى ، عندما ينقطع

للظفر ونزول الغطاء النباتي الذي يكسو التربة، ويختلف موسمها في البلاد المتأثرة بمناخ البحر المتوسط عنه في البلاد المتأثرة بالمناخ المداري الممطر صيفا ، ففي البلاد الأولى تكثر الزوايع الترايية عادة في أواخر الربيع وأوائل الصيف وأواسطه ، وقد يمتد موسمها حتى بداية الخريف ، أما في البلاد الثانية مثل سهول وسط السودان وشماله فإنها تكثر بصفة خاصة في الربيع وأوائل الصيف .

وتتوقف شدة الزوايع الترايية والرملية على عدة عوامل أهمها : (١) كثرة الأتربة أو الرمال الناعمة المفككة على سطح الأرض وانتشارها في مساحات واسعة ، (٢) جفاف الجو ، حيث أن هذا الجفاف يساعد على تفكك الرمال والأتربة ، (٣) نشاط التيارات الهوائية الصاعدة مما يؤدي إلى ارتفاع الأتربة والرمال الناعمة ، (٤) هبوب رياح سطحية تحمل معها الأتربة والرمال الصاعدة . وتحديث العمليتان الأخيرتان عادة عندما تمر جبهة هوائية باردة على أرض دافئة ، ففي هذه الحالة تسخن الأجزاء السفلى من الهواء البارد وترتفع بشكل تيارات صاعدة تحمل معها الأتربة والرمال الناعمة التي تدفعها الرياح أمامها .

ومن الزوايع الترايية ذات الصفات المميزة في الوطن العربي تلك الزوايع التي تشتهر بها أنسهول الأوسطى والشمالية للسودان والتي تعرف محليا باسم « الهبوب Haboob » . وهى تظهر بصفة خاصة في أواخر الربيع وأوائل الصيف ، حيث يكون الجو عندئذ حارا جافا وتكون التربة مفككة وخالية من الحشائش . ويتقدم الهبوب عادة بشكل جبهة متصلة يسهل تمييزها عن بعد . وقد يستطيع المراقب في بعض الأحيان أن يلاحظ مولد الهبوب وتجمعه في منطقة نشأته . وعندما يمر الهبوب على أى مكان فإنه يؤدي إلى انخفاض مدى الرؤية عند سطح الأرض إلى الصفر . كما يؤدي إلى ترسيب طبقة سميكة من الغبار الناعم على كل مايقع في طريقه . وكثيرا مايعقب مروره سقوط بعض الأمطار مما يساعد على تنظيف الجو من الغبار . ويكثر حدوث الهبوب بصفة خاصة في منطقة الخرطوم ومنطقتى توكر وكسلا في شمال شرق السودان .

١٣ - ٦ - أنواع الهواء (الكتلة الهوائية)

إن الموقع الجغرافي للعالم العربي يعرضه لتأثير كل أنواع الهواء المعروفة تقريبا ، ولكن أكثر الأنواع انتشارا وتأثيرا هي الأنواع الآتية :

١ - الهواء المدارى القارى (cT) : وهو أهم الأنواع وأعظمها تأثيرا . ويرجع ذلك إلى وقوع العالم العربى فى العروض المدارية والمعتدلة الدافئة ، وإلى طبيعة أرضه وموقعه القارى . ويكاد هذا النوع يكون هو نوع الهواء الوحيد الذى يسيطر فى فصل الصيف على مناخ معظم البلاد العربية الواقعة إلى الشمال من خط عرض ١٥° شمالا . بل إن هذا العالم يعتبر من أهم مناطق نشأة هذا الهواء ، ولكنه كثيرا مايصل إليه كذلك من الأقاليم القارية الواقعة فى شماله أو فى شماله الشرقى ، حيث يصل عادة بشكل رياح شمالية أو شمالية شرقية ذات تأثير ملطف على حرارة فصل الصيف . إلا أن صفاته تتباين بعض الشيء من مكان إلى آخر على حسب طبيعة السطح الذى يمر فوقه . فإذا كان مروره على مسطحات مائية فإنه يكتسب بعض الرطوبة فى أجزائه السفلى بينما تظل قطاعاته العليا جافة . وكثيرا مايؤدى هذا الهواء إلى تكون الضباب أو الشبورة على بعض السواحل فى ساعات الصباح ، ولكن على الرغم من أن الرطوبة النسبية لمثل هذا الهواء تصل أحيانا إلى مائة فى المائة فإنها لاتؤدى عادة إلى تكون سحب كثيفة ، لأن الطبقة الهوائية الرطبة تكون عادة رقيقة .

الهواء المدارى البحرى (mT) : وأهم مصادره هى المحيطان الأطلسى والهندي ، فالمحيط الأطلسى هو مصدر الهواء الذى تحمله الرياح الغربية إلى المغرب العربى وشمال ليبيا وشمال مصر ، كما أنه هو مصدر الهواء الرطب الذى يصل إلى أواسط السودان وشماله فى فصل الصيف وإلى أجزائه الجنوبية فى معظم شهور السنة ، وهو مصدر الأمطار التى تسقط على كل هذه المناطق ، كما أن بعض هذا الهواء يعبر هضبة الحبشة والبحر الأحمر فى فصل الصيف

فيقابل مرتفعات اليمن وجنوب غرب المملكة العربية السعودية ويؤدي إلى سقوط الأمطار الصيفية عليها . .

وبلاحظ أن الهواء المدارى البحرى يندفع أحيانا من المحيط الهندى والخليج العربى فى مقدمة المنخفضات الجوية المتقدمة من الغرب عبر المملكة العربية السعودية نحو الخليج العربى فيؤدي إلى زيادة نسبة الرطوبة فى الهواء ، ويصبح الجو بسببه رطبا ثقيلًا ، وهى ظاهرة مألوفة فى أواخر الصيف وأوائل الخريف فى كل البلاد الساحلية بها فيها سواحل البحر المتوسط والبحر الأحمر والمحيط الأطلسى ، ففى هذا الوقت من السنة تكون درجة حرارة سطح ماء البحار قد وصلت إلى أعلاها ويكون الهواء الذى فوقها محملا بكميات كبيرة من بخار الماء . فإذا ماوصل هذا الهواء إلى البلاد الساحلية فإنه يؤدي إلى تكون الضباب أو الشبورة والندى أثناء الليل وفى الصباح ، وكلما تقدم النهار صار الجو حارا رطبا ثقيلًا .

أما إذا اندفع هذا الهواء فى مقدمة المنخفضات الجوية الشتوية فإنه يرتفع فوق الهواء المدارى القارى القادم من الشمال ويؤدي إلى تكون السحب وسقوط الأمطار ، كما أن ملاسة هذا الهواء لسطح الأرض الساخن فى فصل الربيع هو أحد الأسباب الرئيسية لخلق حالة عدم الاستقرار التى تؤدي إلى حدوث العواصف الرعدية الشديدة التى ينهمر معها المطر بغزارة والتى يشتهر بها هذا الفصل .

الهواء القطبى القارى (CP) : ومصدره المعتاد هو السهول الشمالية لأوروبا وآسيا . ويرتبط وصوله إلى الأجزاء المختلفة للوطن العربى بمرور المنخفضات الجوية التى تتكون على حوض البحر المتوسط أو على جنوبى أوروبا أو شمالى إفريقيا ، ولهذا فإن كثرة وصوله وشدة تأثيره تتوقفان على كثرة هذه المنخفضات وعلى طبيعتها من حيث العمق وشدة انحدار الضغط الجوى نحو

مركزها . كما أن طبيعة هذا الهواء تختلف من فصل إلى آخر . فالهواء الذى يصل فى فصل الشتاء يكون عادة شديدا البرودة ، فيؤدى إلى حدوث موجات باردة غير عادية ، وقلما تنخفض درجة الحرارة عند وصوله إلى مادون درجة التجمد حتى فى الأجزاء الوسطى والشمالية من شبه الجزيرة العربية ، وفى جنوب العراق وشمالي الخليج العربى . وقد تصحبه فى بعض الأحيان عواصف ثلجية مدمرة فى البلاد الشمالية من المشرق العربى وخصوصا فى سوريا ولبنان . أما فى البلاد الواقعة إلى الجنوب من البحر المتوسط فإن موجات البرد التى يجلبها هذا الهواء تكون أقل قسوة منها فى البلاد الواقعة إلى الشرق منه ، لأن مروره على مياه البحر المتوسط الدافئة نسبيا يساعد على تخفيف حدة برودته ، وعلى زيادة نسبة الرطوبة فى قطاعاته السفلى بدرجة تجعله شبيها بالهواء القطبى البحرى . ولهذا فإنه يؤدى إلى تكوين الضباب والسحب المنخفضة ، وقد يؤدى إلى سقوط الأمطار .

وتتوقف المدة التى يستمر فيها غزو الهواء القطبى لأى مكان على مدة بقاء المنخفض الجوى الذى أدى إلى وصوله متمركزا فى مكانه . فعلى الرغم من أن معظم المنخفضات الجوية تواصل تحركها من الغرب إلى الشرق فإن بعضها قد يتوقف فى مكان واحد لبضعة أيام . وتعتبر جزيرة قبرص من أشهر المراكز التى تتوقف عندها المنخفضات الجوية فى بعض الأحيان لبضعة أيام . فيؤدى هذا إلى استمرار الاضطرابات الجوية المرتبطة بها طول مدة توقفها . وتختلف هذه الاضطرابات من مكان إلى آخر على حسب موقع كل مكان منها بالنسبة لمركز المنخفض الجوى . وقد يؤدى تمركز أحد المنخفضات النشطة على هذه الجزيرة لعدة أيام إلى اندفاع الهواء القطبى فى مؤخرتها نحو الجنوب حتى أواسط السودان وأواسط شبه الجزيرة العربية حيث يحمل إليها موجات من البرد الشديد .

والهواء القطبى القارى هو أحد العوامل المهمة التى تؤدى إلى حدوث الزوابع الترابية والرملية فى أشهر الربيع وأوائل الصيف فى المناطق الصحراوية

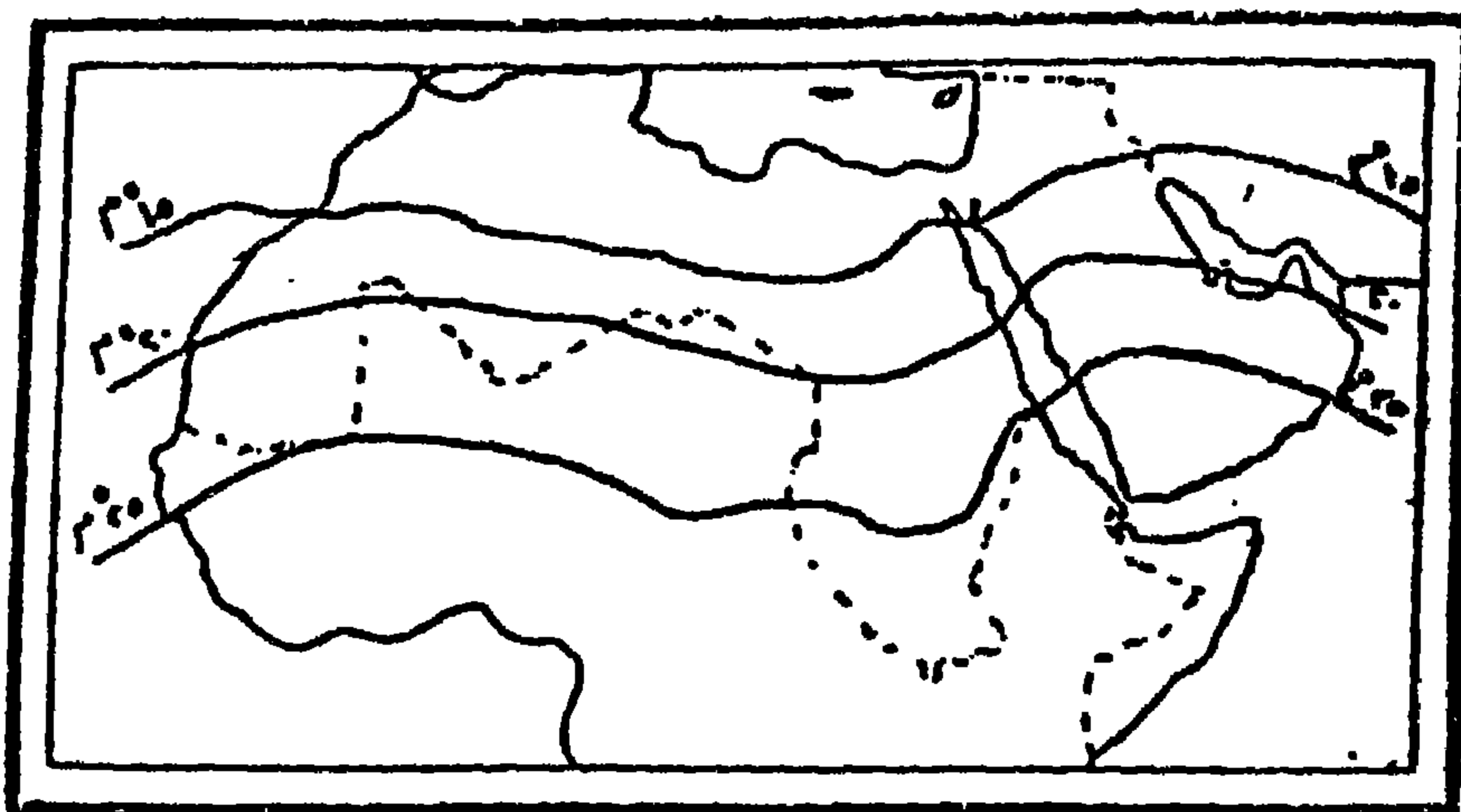
والمناطق الواقعة على أطرافها. إذ أن سخونة سطح هذه المناطق تؤدي إلى حدوث حالة عدم استقرار في الأجزاء السفلى من الهواء مما يساعد على نشاط التيارات الصاعدة التي تحمل الأتربة والرمال الناعمة إلى أعلى . ويساعدها على ذلك أن سطح الأرض يكون عندئذ جافا وقفيرا في حياته النباتية وتكون الرمال والأتربة مفككة وسهلة الحركة .

الهواء القطبي البحري (mP) : يصل هذا النوع من الهواء إلى الوطن العربي من المحيط الأطلسي الشمالي . وكما هي الحال بالنسبة للنوع القطبي القاري فإن وصوله يرتبط بنشاط المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط والمناطق المحيطة به . وباستثناء البلاد المغربية والموريتانية التي قد يصلها هذا الهواء من شمالي المحيط الأطلسي مباشرة فإن وصوله إلى بقية الوطن العربي يكون عن طريق أوروبا والبحر المتوسط ، ولهذا فإن صفاته تكون معدلة بعض الشيء ، ولكنه يظل مع ذلك محتفظا بمعظم صفاته الرئيسية من حيث شدة البرودة وارتفاع نسبة الرطوبة . ويصل هذا الهواء عادة عند مرور الجبهة الباردة أو بعد مرورها مباشرة . وهو المشلول عن تكون السحب وسقوط الأمطار التي تتميز بها هذه المرحلة من مراحل المنخفضات الجوية ، حيث أن مرورها على سطح مياه البحر المتوسط الدافئة يساعد على زيادة رطوبتها وعلى خلق حالة عدم استقرار بها . والموسم الرئيسي لوصول هذا الهواء هو فصل الشتاء وأوائل الخريف .

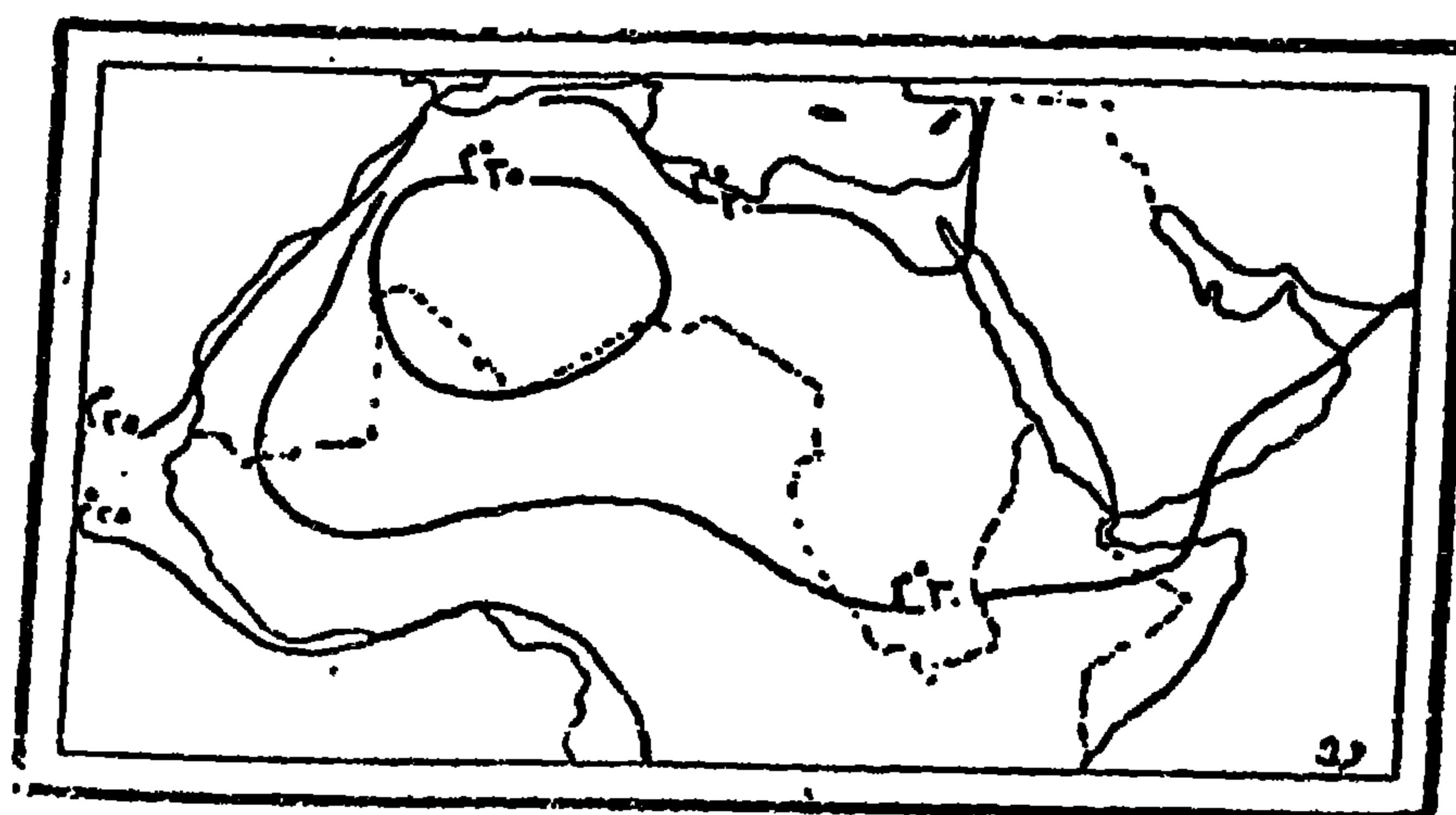
١٣ - ٧ - الاحوال الحرارية في العالم العربي

راجع إحصاءات الحرارة والمطر لبعض محطات الدول العربية في الملحق رقم ٤ .
إن تعدد العوامل التي تتحكم في درجة الحرارة وتباين أهمية الدور الذي يلعبه كل عامل منها في الأماكن المختلفة قد خلق في العالم العربي نماذج حرارية مختلفة ، على حسب الظروف المحلية الخاصة بكل مكان . وإن امتداد هذا العالم من خط عرض ٢° جنوب خط الاستواء تقريبا إلى خط عرض ٣٧° شماله يعني أنه يمتد عبر حوالي ٣٩ درجة عرضية ، وأن بعض أجزائه يقع في العروض الحارة بينما يقع بعضها الآخر في العروض المعتدلة . وقد ترتب على هذا وجود فروق حرارية كبيرة بين أطرافه الشمالية من ناحية وأطرافه الجنوبية من ناحية أخرى . فبينما نجد ، مثلا ، أن المعدل الحراري السنوي في مدينة بربرة الصومالية على خليج عدن يزيد على ٣٠° م فإننا نجد أنه لا يزيد عن ١٥° في مدينة حلب بشمال سوريا . وبينما يرتفع معدل شهر يوليو في بربرة إلى ٣٧° فإنه يبلغ ٢٩° في حلب . وبينما لا ينخفض معدل شهر يناير في بربرة عن ٢٤° فإنه ينخفض إلى ٦° في حلب . ومن هذا يظهر أن الفرق الحراري بين هاتين المدينتين يكون صغيرا في الصيف حيث يبلغ ٨ درجات فقط بينما يكون كبيرا في الشتاء حيث يصل إلى ١٨ درجة . ومعنى هذا أن كل البلاد العربية تقريبا ، ماعدا البلاد الجبلية والبلاد الواقعة على سواحل البحر المتوسط ، تكون حارة في الصيف ولا توجد فروق كبيرة بين بعضها وبعض ، أما في الشتاء فإن الأطراف الشمالية وخصوصا الجبلية منها تكون شديدة البرودة ، بينما تظل الأطراف الجنوبية دافئة . وهذا يعني أن أهم الاختلافات الحرارية بين شمالي العالم العربي وجنوبه ترجع بصفة خاصة إلى شدة برودة الشتاء في الشمال أكثر من رجوعها إلى شدة حرارة الصيف في الجنوب ، وذلك لأن الحرارة الشديدة تكون عامة في كل البلاد العربية .-

وترجع شدة حرارة الصيف عموما إلى صفاء الجو وطول ساعات سطوع الشمس وكبر زاوية سقوط الأشعة ، وجفاف التربة بسبب جفاف الهواء وانعدام الأمطار



شكل رقم (١٠٢) خطوط الحرارة المتساوية في شهر يناير في العالم العربي



شكل رقم (١٠٣) خطوط الحرارة المتساوية في شهر يوليو في العالم العربي

تقريبا وقلة مظاهر التكثف الأخرى وخصوصا الندى ، بحيث لا تجد التربة أى مصدر يعوضها عما تفقده من مياه بالتبخر . ولهذا فإن سطح الأرض نفسه يسخن بسرعة أثناء النهار لحتى ترتفع درجة حرارته لى الأماكن المكشوفة إلى أكثر من ٤٠° م ، بل وكثيرا ماتصل درجة حرارة سطح رمال الصحراء فى أواسط النهار إلى ٧٠° م أو أكثر . ومما يذكر أن سخونة الرمال بهذا الشكل مع سكون الهواء يترتب عليهما انطلاق الإشعاعات الحرارية بكثرة من سطح الرمال إلى الجو فيؤدى ذلك إلى ظهور « السراب » الذى تشتهر به الصحارى الحارة عموما .

وباستثناء المناطق الممطرة صيفا مثل جنوب السودان ووسطه فإن أشد الشهور حرارة فى كل أجزاء العالم العربى الأخرى هى شهر يوليو وأغسطس . أما فى المناطق الممطرة صيفا فإن معدلات هذين الشهرين تكون قليلة الارتفاع نوعا ما بسبب كثرة السحب والأمطار بالنسبة للأشهر الجافة التى تسبقها أو التى تعقبها مباشرة . ففى هذه المناطق تكون للحرارة عادة قمتان إحداهما قبل موسم المطر مباشرة والثانية بعدها مباشرة . وتكون القمة الأولى غالبا أوضح من القمة الثانية . ففى مدينة الخرطوم مثلا تكون أشد أيام السنة حرارة هى الأيام الواقعة بين منتصف مايو ومنتصف يونيو ، وتليها الأيام الواقعة بين منتصف سبتمبر ومنتصف أكتوبر .

والسبب فى ارتفاع القمة الأولى عن القمة الثانية هو أن موسم المطر ينتهى بشكل تدريجى وتظل التربة محتفظة ببعض رطوبتها وبكثير من غطائها النباتى لمدة أسبوعين أو ثلاثة بعد انتهاء موسم المطر ، فهذه العوامل كلها تساعد على تخفيف قسوة القمة الثانية نوعا ما عن القمة الأولى التى تأتى لى وقت تكون فيه التربة فى أشد حالات جفافها ، وفى أشد حالات فقرها فى الغطاء النباتى ، ولكن ما إن تبدأ الأمطار فى السقوط حتى تتبلل التربة وتبدأ الحشائش فى النمو فتتخفض درجة الحرارة بشكل ملحوظ .

ونظرا لأن طول فصل المطر يزداد كلما اتجهنا جنوبا فإن قمتى المنحنى

الحرارى تتباعدان تبعا لذلك: ففي بلدة المالاكال التى تقع إلى الجنوب من الخرطوم بنحو ٦ درجات عرضية تظهر القمة الحرارية الأولى قبل نظيرتها في الخرطوم بحوالى ثلاثين يوما ، كما تظهر القمة الثانية بعد نظيرتها في الخرطوم بنفس المدة تقريبا . إلا أن القمة الثانية في المالاكال لا تكون واضحة بدرجة وضوحها في الخرطوم بسبب كثرة المطر وزيادة رطوبة التربة وكثافة الغطاء النباتى ووجود كثير من المسطحات المائية . وتلعب التضاريس دورا هاما في توزيع الحرارة ، ولا يقتصر أثرها على التناقص الذى يحدث عادة بالارتفاع ، بل إن هذا الأثر يظهر كذلك بأشكال أخرى من بينها التأثير الذى يحدثه نسيم الجبل ونسيم الوادى ، والتأثير الذى يحدثه انضغاط الهواء عند هبوطه على جوانب الجبال أو ارتفاعه عليها حيث يسخن في الحالة الأولى لانضغاطه ، كما هي الحال بالنسبة لرياح الفهن المشهورة ، بينما يبرد في الحالة الثانية نتيجة لتخلخله عند اندفاعه إلى أعلى .

وتحدث ظاهرة « الفهن » في معظم المناطق الجبلية في الوطن العربى مثل المنحدرات الشمالية لجبال طرابلس في ليبيا . فعندما تهبط الرياح الصحراوية على هذه المنحدرات في بعض أيام الربيع ترتفع درجة الحرارة في السهول المجاورة لها إلى أكثر من ٥٠°م . وقد سجلت في هذه السهول بالفعل درجات حرارية لاتعادلها في الارتفاع إلا الدرجات التى سجلت في وادى الموت بكاليفورنيا . وقد وصلت درجة الحرارة في بلدة العزيزية الواقعة في سهل الجفارة إلى الشمال من حافة جبال طرابلس بليبيا في أحد الأيام إلى ٥٦°م^(١) . وتتكرر نفس الظاهرة تقريبا في المناطق الجبلية الأخرى وأهمها جبال أطلس وجبال لبنان .

وتلعب الأودية التى تقطع الجبال دورا مهما في توجيه الرياح ، التى تؤثر بدورها تأثيرا واضحا على درجة الحرارة ، كما أن اتجاه المنحدرات والأودية له علاقة مباشرة بتوزيع الإشعاع الشمسى سواء على امتداد ساعات النهار أو على امتداد أشهر السنة .

(١) عبد العزيز طريح شرف (١٩٦٢) جغرافية ليبيا - الاسكندرية ص ١١٠

توزيع المعدلات الحرارية (راجع الملحق رقم ٤)

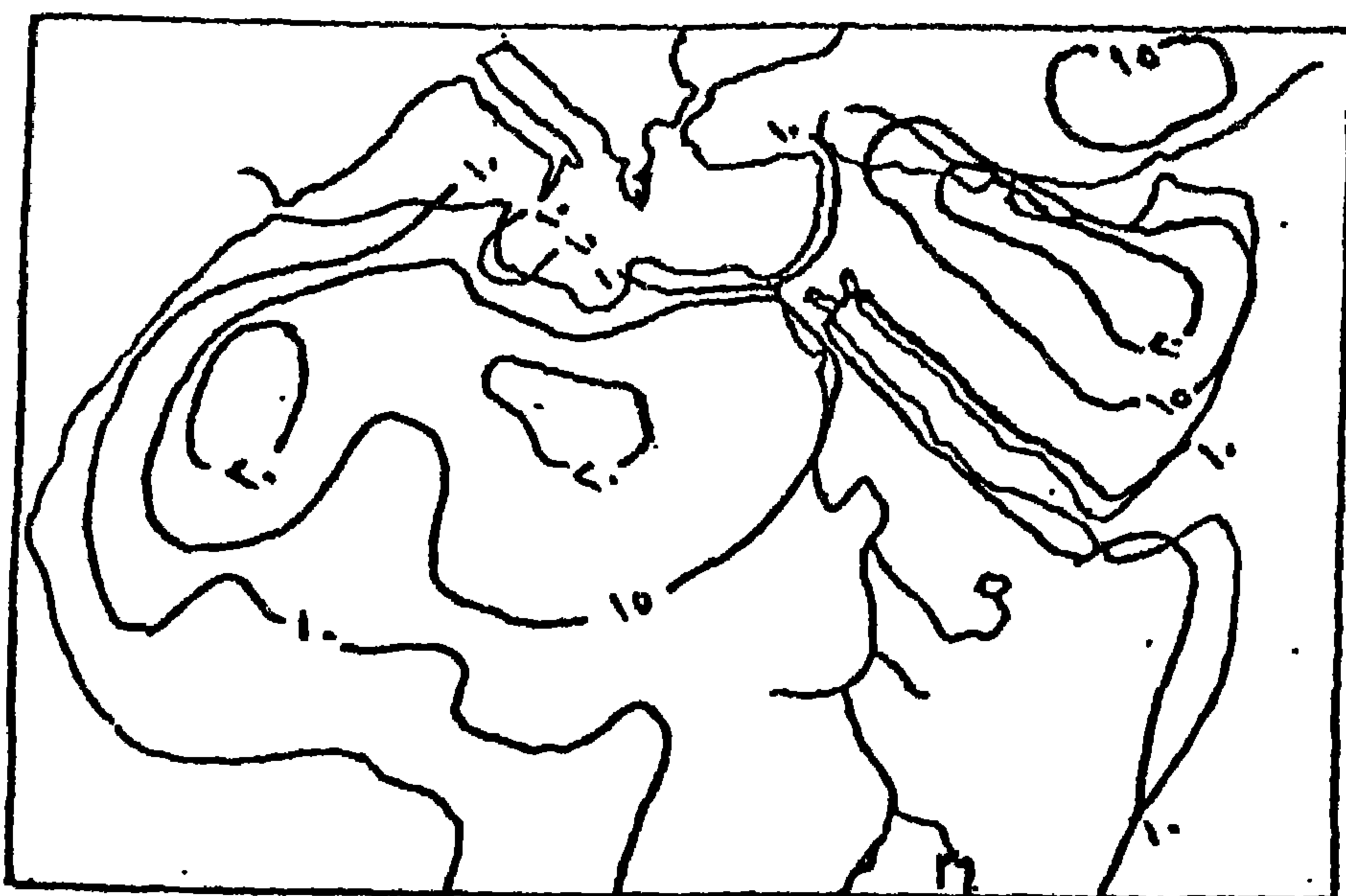
أولا - فصل الصيف: في هذا الفصل تشتد الحرارة في معظم البلاد العربية ، ماعدا المناطق الساحلية حول البحر المتوسط ، ومناطق الجبال المرتفعة . وعلى أساس شدة الحرارة يمكننا أن نقسم العالم العربي إلى ثلاثة أقسام هي :

١ - مناطق الصيف القاطظ ، وفيها تزيد معدلات شهرين على الأقل من أشهر الصيف على 32° م (90° ف) . وقد تصل إلى 37° أو أكثر . ومن أمثلتها البلاد الواقعة في قلب الصحراء الكبرى مثل بلدة عين صالح في الجزائر ، وبعض بلاد وسط وشمال السودان مثل مدينة بورسودان والمناطق الصحراوية والسهلية في شبه الجزيرة العربية بما في ذلك إمارات الخليج العربي ، وتمثلها معدلات الكويت والظهران .

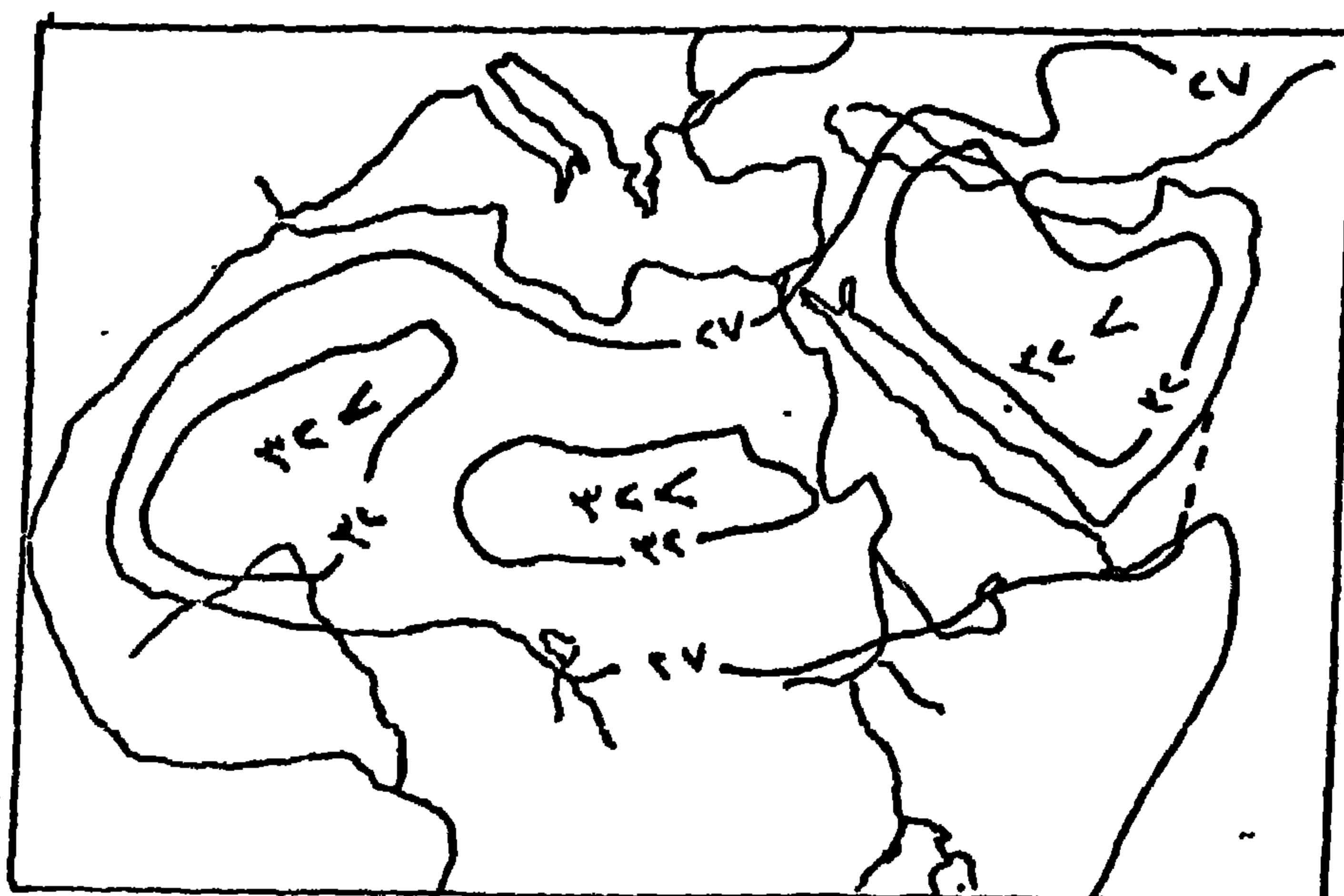
٢ - مناطق الصيف الحار ، وفيها تتراوح معدلات أشهر هذا الفصل بين 27° و 32° م ، وتضم المناطق الواقعة إلى الجنوب من الصحارى الحارة ، وفيها تسقط الأمطار صيفا فتلطف نوعا ما من شدة الحرارة ، كما هي الحال في سهول وسط وجنوب السودان واليمن والبلاد المحيطة بخليج عدن وتمثلها معدلات مدن الأبيض وجوبا والخرطوم وصنعاء وبربرة بالصومال .

٣ - مناطق الصيف المعتدل ، وفيها لا تزيد معدلات أشهر الصيف عادة عن 27° م ، وتشمل كل المناطق المحيطة بالبحر المتوسط ، ومرتفعات العراق والمرتفعات المحيطة بالبحر الأحمر ، وفي هذه المناطق توجد المنتجعات الصيفية المشهورة في العالم العربي .

ثانيا : فصل الشتاء : هذا الفصل دافئ نسبيا في أغلب أجزاء العالم العربي ، ولا يستثنى من ذلك إلا الأجزاء الشمالية من المشرق العربي ، وخصوصا المناطق الجبلية التي تشتد البرودة في بعضها بدرجات تتناسب مع



شكل (١٠٤) معدل المدى الحرارى اليومى فى العالم العربى



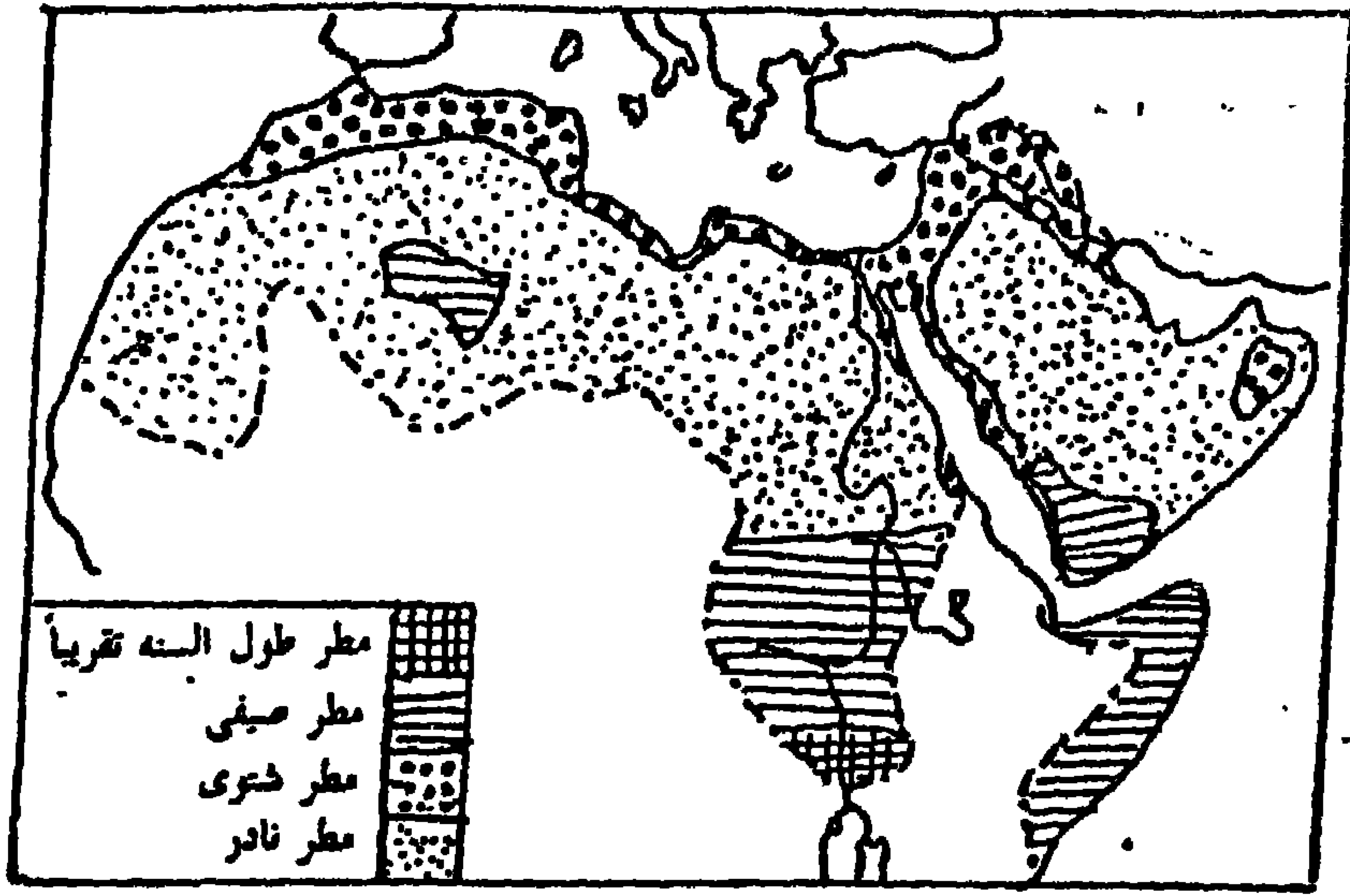
شكل (١٠٥) معدل النهايات العظمى للحرارة فى العالم العربى

ارتفاعاتها ، فباستثناء هذه المناطق ، فإن المعدلات الحرارية الشهرية الشتوية لا تنخفض في معظم الأجزاء الشمالية من العالم العربي عن 5° مئوية . وأبرد الشهور عادة هو شهر يناير الذي يبلغ معدله في حلب $5,5^{\circ}$ م وفي دمشق $6,6^{\circ}$ وفي الموصل $6,6^{\circ}$. أما على الجبال المرتفعة مثل بعض جبال لبنان وبعض جبال أطلس فقد تنخفض المعدلات إلى مادون درجة التجمد فتغطي هذه الجبال بالثلوج خلال شهر أو أكثر من أشهر الشتاء .

أما في باقي أجزاء العالم العربي بما في ذلك السواحل المشرفة على البحر المتوسط نفسه فإن الحرارة تكون عادة معتدلة في هذا الفصل ، بل إن كل المناطق الواقعة إلى الجنوب من مدار السرطان تقريبا تكون دافئة أو مائلة للحرارة ، كما هي الحال في جنوب السودان والصومال واليمن الجنوبية ، حيث لا تنخفض المعدلات الشهرية فيها جميعا عن 24° م ، كما يتضح من أرقام محطات واد وجوبا والمالكاك في السودان ، وأرقام بربرة ومقديشو وجيوتي وعدن .

ثالثا - الفصلان الانتقاليان (الربيع والخريف) :

يلاحظ أن الانتقال بين الصيف والشتاء يحدث في بعض المناطق بصورة سريعة بينما يحدث في بعضها الآخر بشكل تدريجي ، ويكون الانتقال سريعا بصفة خاصة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية ، وفي المناطق الواقعة على أطراف الضغوط الموسمية الكبرى ، وأهمها الضغط المرتفع الذي يتكون على آسيا في الشتاء ، والضغط المنخفض الذي يتكون عليها وعلى كل شمال إفريقيا في الصيف . وتعتبر العراق وإمارات الخليج العربي وشمال المملكة العربية السعودية ووسطها من أوضح الأمثلة على ذلك . ويبدو هذا واضحا بمجرد النظر إلى المنحنيات الحرارية لبعض محطاتها مثل محطات الكويت والبصرة . ويرجع هذا الانتقال السريع إلى أن الضغط المرتفع يأخذ في الارتفاع بسرعة على آسيا بعد انتهاء فصل الصيف بوقت قصير ، وإلى أن الضغط المنخفض على نفس الفترة وامتداده على شمال إفريقيا يأخذان كذلك في التعمق بسرعة بمجرد



شكل (١٠٦) مواسم سقوط المطر في العالم العربي

انتهاء فصل الشتاء ، وهكذا فإن التيارات الهوائية الباردة سرعان ما تخرج من آسيا نحو العراق والخليج العربي بعد انتهاء فصل الصيف بوقت قصير ، كما تبدأ التيارات الصحراوية الحارة في الوصول إليها أثناء تحركها نحو الضغط المنخفض على آسيا بمجرد انتهاء فصل الشتاء .

رابعاً : المدى الحرارى والطبيعة القارية للمناخ :

تتميز معظم أقاليم الوطن العربي بارتفاع المدى الحرارى ، سواء في ذلك المدى اليومي أو المدى الفصلي بسبب الطبيعة القارية للمناخ . ولكن هذا الحكم العام لا ينطبق على معظم المناطق الساحلية أو المناطق التي يسقط مطرها طول العام أو في معظم الأشهر مثل سهول وهضاب جنوب السودان . ففي هذه المنطقة بالذات يكون المدى الحرارى الفصلي أقل منه في أى منطقة أخرى . من العالم العربي بسبب كثرة الأمطار وطول فصل سقوطها وكثافة الحياة النباتية وكثرة المستنقعات والبحيرات والمجارى المائية . وهو يتراوح هنا بين ٤ و ٦

درجات مئوية فقط ، كما يتضح من أرقام محطات جوبا وواو والمالكاك وغيرها من محطات جنوب السودان ، أما في البلاد الساحلية فإن المدى الفصلي يرتفع عن ذلك كثيرا ولكنه يظل أقل بكثير منه في المناطق القارية ، فهو يتراوح في معظم البلاد الساحلية بين ١٠ و ١٥ درجة ، أما في المناطق البعيدة عن المؤثرات البحرية فقد يرتفع إلى ٢٥° . ويكون هذا المدى مرتفعا بصفة خاصة في سوريا والأردن وشمالي العراق . ويرجع ذلك إلى اشتداد برودة الشتاء في هذه المناطق أكثر من رجوعه إلى اشتداد حرارة الصيف . والسبب في ذلك هو أن هذه المناطق تكون في هذا الفصل خاضعة لنفوذ الضغط المرتفع الآسيوي والكتل القطبية القارية التي تنشأ في نطاقه والتي يصل هوائها في كثير من الأحيان إلى هذه المناطق فيؤدي إلى هبوط الحرارة إلى درجة التجمد . ففي شمالي العراق ووسطه مثلا نجد أن المدى الحراري الفصلي يبلغ ٢٦ درجة في الموصل و ٢٤ درجة في بغداد ، كما يبلغ في حلب بشمال سوريا ٢٣ درجة .

وعلى الرغم من أن المدى الحراري الفصلي يكون على السواحل منخفضا بالنسبة للداخل فإن الظروف المحلية لبعض المناطق الساحلية تؤدي إلى ارتفاع هذا المدى . وينطبق هذا بصفة خاصة على السواحل الصحراوية أو شبه الصحراوية التي تسودها المؤثرات الصحراوية في فصل من الفصول بينما تسودها المؤثرات البحرية في فصل آخر ، وكذلك السواحل التي تخضع في الشتاء لنفوذ الضغط المرتفع الآسيوي الذي يؤدي إلى كثرة وصرار الهواء القطبي القاري بينما تخضع في الصيف للنفوذ الصحراوي بهوائه القاري الحار . ومثال ذلك سواحل شبه الجزيرة العربية المشرقة على الخليج العربي ، وخصوصا في أجزائها الشمالية مثل سواحل الكويت ، حيث نجد أن المدى الحراري الفصلي يرتفع هنا إلى حوالي ٢٣,٥ درجة مئوية ، أي أنه لا يختلف في هذه الناحية عنه في قلب الصحراء .

خامسا : الموجات الباردة والموجات الحارة غير العادية :

تعرض البلاد العربية الواقعة حول البحر المتوسط أو المتأثرة بمناخه ،

وخصوصا في غربي آسيا لموجات من البرد القارص غير العادية في بعض أيام الشتاء وموجات من الحر القاطظ غير العادية في بعض أيام الربيع وأوائل الصيف . والسبب الرئيسي للموجات الباردة هو وصول هواء قطبي قارى شديد البرودة لعدة أيام في مؤخرة المنخفضات الجوية العميقة إذا ما تمركز أحدها على شرق البحر المتوسط أو غربي آسيا . وكثيرا ما تكون الموجات الباردة على الأجزاء الشمالية من المشرق العربي في سوريا ولبنان وشمال العراق وشمال الأردن مصحوبة بعواصف ثلجية تغطي المناطق الجبلية بسببها بالثلوج ، وتعطل المواصلات وتتلف كثير من المحاصيل . أما الموجات الحارة فيكون سببها غالبا هو وصول هواء مدارى حار من الصحراء في مقدمة المنخفضات الجوية ، حيث تحمله الرياح المحلية التي تشتت من بينها رياح الخماسين في مصر والسوم في شبه الجزيرة العربية والمغرب العربي والقبلي في ليبيا .

ويبين الجدول (٣٥) النهايات الصغرى والنهايات العظمى المطلقة التي سجلت في بعض البلاد العربية التي تتعرض لموجات البرد وموجات الحر غير العادية . وفيه يتبين أن موجات البرد القارص قد تصل جنوبا إلى أواسط السودان حيث وصلت النهاية الصغرى المطلقة في مدينة الأبيض مثلا إلى $0,5^{\circ}$ م تحت الصفر . ومنه يتبين كذلك أن أشد الموجات الباردة هي التي تحدث في شرق البحر المتوسط ، كما تدل على ذلك النهاية الصغرى المطلقة التي سجلت في بلدة الرطبة على الحدود الأردنية العراقية وهي $14,4^{\circ}$ م تحت الصفر .

جدول (٣٩) النهايات العظمى والصغرى المطلقة^(١)
في بعض المحطات العربية (بالدرجات المئوية)

النهاية المطلقة		المحطة	النهاية المطلقة		المحطة
الصغرى	العظمى		الصغرى	العظمى	
٧,٧—	٤٨,٨	تدمر	٢,٧	٤٣,٨	الاسكندرية
٣,٣—	٤١,٦	القدس	٣,٨—	٤٧,٧	القاهرة
٧,٧—	٤٩,٤	بغداد	٢,٢—	٥٢,٧	وادي حلفا
٤,٤—	٥٠,٥	البصرة	٥	٤٧,٧	الخرطوم
١٤,٤—	٤٦,١	الربطية	٦,١	٤٧,٢	كسلا
١,١—	٤٩,٤	مسكرة (تونس)	١٠	٤٧,٢	بور سودان
٣,٣—	٥٠	توغورت			
		(تونس)	٠,٥—	٤٦,١	الأبيض
٢,٧—	٥٧,٧	العزيمية (ليبيا)	١١,٦	٤٣,٣	الملاكال
٦,٦—	٣٨,٨	تامانراست	١٣,٣	٤٣,٨	جوبا
١,٦—	٤٦,٦	بلما (الجزائر)	٦,١—	٤٥	دمشق

(١) Kendrew, W. G (1960) "Limits of the Continents" P. 49, P. 68 & P. 248

١٣ - ٨ - الأمطار

إن الأقاليم التي يمكن وصفها بالمطيرة لاتشغل من العالم العربي إلا نسبة لاتزيد عن ٥٪ من مساحته الكلية بينما تمثل الصحارى أكثر من ٨٥٪ من هذه المساحة . وفيما بين هذين النوعين توجد مناطق متوسطة يمكن أن توصف بأنها شبه جافة أو شبه صحراوية . وأكثر أجزاء العالم العربي مطرا هي جنوب السودان الذي تتراوح معدلاته الههوية بين ٨٠ و ١١٠ سم . وتأتى بعد ذلك المنحدرات الجبلية المواجهة للبحر المتوسط فى سوريا ولبنان وفلسطين والمغرب العربي وشمال برقه فى ليبيا . وتتراوح المعدلات السنوية للأمطار فيها بين ٧٠ و ١٠٠ سنتيمتر .

ونظام المطر السائد فى العالم العربي هو نظام البحر المتوسط . ولا يقتصر وجود هذا النظام على المناطق المحيطة بالبحر المتوسط نفسه بل إن بعض مظاهره تمتد نحو الشرق حتى العراق ودول الخليج العربي ونحو الجنوب حتى شمال شرق السودان واريتريا والمناطق المقابلة لها فى الحجاز وعسر ، وأهم هذه المظاهر هى سقوط كميات محدودة من الأمطار الشتوية التى تسببها المنخفضات الجوية التى تأتى من ناحية البحر المتوسط . فالمعروف أن أمطار البحر المتوسط فى جملتها أمطار إعصارية . وأنها تأتى مع المنخفضات التى تتحرك عادة من الغرب إلى الشرق . ويزداد نشاط هذه المنخفضات بصفة خاصة فى فصل الشتاء ، ولكنها تظهر كذلك ولكن بصورة أقل فى فصل الربيع والخريف . وتكون مسارات منخفضات الربيع واقعة فى الغالب على طول السواحل الجنوبية للبحر المتوسط أو إلى الجنوب منها . وقد ينحرف بعضها نحو الجنوب أو الجنوب الشرقى ويسر على طول البحر الأحمر حتى أواسطه قبل أن يعود للاتجاه شرقا عبر شبه الجزيرة العربية إلى منطقة الخليج العربى . وهذه المنخفضات هى التى تسبب معظم الاضطرابات الجوية الربيعية فى هذه المناطق . ومن أهمها حدوث موجات حرارية شديدة أو حدوث زوابع

ترابية كثيفة . ولش سقطت بسببها بعض الأمطار فإنها تكون غالبا أمطارا قليلة . أما أكثر الأمطار فتأتي في الشتاء بسبب زيادة نشاط المنخفضات الجوية في هذا الفصل عنها في أي فصل آخر .

وتلعب ظروف الموقع الفلكي والموقع بالنسبة للبحار واتجاه السواحل والمنحدرات بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة وغير ذلك من العوامل الجغرافية أدوارا متباينة في تحديد كمية الأمطار ونوعها ونظام سقوطها وطول فصل سقوطها ووقت ظهور قمتها ، ولذلك فإن الدراسة العامة للأمطار العالم العربي لايمكن أن تغنى عن الدراسة التفصيلية لظروف كل منطقة .

ويتباين فصل سقوط المطر وطوله في الوطن العربي على حسب الموقع بالنسبة للبحر المتوسط من جهة وبالنسبة للنطاق الاستوائي أو الموسمي سواء في إفريقيا أو آسيا من جهة أخرى . ومع ذلك فإننا سنقسم المناطق الممطرة في العالم العربي بصفة عامة إلى قسمين هما :

أ - مناطق ممطرة شتاء ، ب - مناطق ممطرة صيفا

أولا - المناطق الممطرة شتاء :

توجد هذه المناطق بصفة خاصة على امتداد السواحل الجنوبية والشرقية للبحر المتوسط ، ولكنها تشمل كذلك معظم المشرق العربي بما في ذلك كل أراضي الخليج العربي وشمال شبه الجزيرة العربية ووسطها ، ولكن مما يستلفت النظر أنه بينما تسقط معظم أمطار مرتفعات اليمن ومرتفعات عسير في جنوب غرب المملكة العربية السعودية في نصف السنة الصيفي فإن معظم الأمطار التي تسقط في كل المناطق السهلية المحيطة بها تسقط في الشتاء . وينطبق هذا على سواحل اليمن الجنوبي وسواحل عمان والسواحل الإفريقية المطلة على جنوب البحر الأحمر وخليج عدن وتشمل سواحل شمال شرق السودان وسواحل إريتريا وجيبوتي وأجزاء من ساحل الصومال والسبب الرئيسي للأمطار الشتوية في هذه المناطق هو المنخفضات الجوية التي تتقدمه عموما من الغرب

إلى الشرق والتي يصل تأثيرها أحيانا إلى الأطراف الجنوبية للبحر الأحمر ،
وذلك عندما ينحرف أحدها نحو الجنوب على امتداد البحر الأحمر حتى يصل
إلى أواسط هذا البحر قبل أن يعود للاتجاه شرقاً .

وبالنظر إلى خرائط توزيع المطر في المناطق المحيطة بالبحر المتوسط ومقارنتها
بخرائط الرياح والتضاريس ، نلاحظ الحقائق العامة الآتية :

١ — أنه حيثما تشابه العوامل المحلية التي تتحكم في سقوط المطر وتوزيعه ،
وخصوصا ما يتعلق منها بالتضاريس واتجاه السواحل فإن الأمطار تتناقص عموما
على طول سواحل هذا البحر . وعبر المشرق العربي من الغرب إلى الشرق ،
فبينما يبلغ معدلها السنوي في مدينة الجزائر مثلا ٧٥ سم فإنه يبلغ ٤٣ سم في
طرابلس الغرب و ١٩ سم في الاسكندرية و ٦ سم في بورسعيد و ٥ سم في
بغداد و ٥ سم في الكويت ، إلا أن عامل التضاريس واتجاه المنحدرات
والسواحل بالنسبة للرياح الممطرة قد يؤدي إلى زيادة الأمطار في أماكن خاصة
وسط أقاليم أقل منها مطرا بكثير .

وبالإضافة إلى التناقص العام للمطر من الغرب إلى الشرق فإنه يتناقص
تدريجيا كذلك كلما اتجهنا من الأطراف الشمالية للوطن العربي نحو النطاق
الصحراوي ، الذي يعتبر حاجزا مناخيا كبيرا يفصل بين الأقاليم الممطرة شتاء
في الشمال والأقاليم الممطرة صيفا في الجنوب .

٢ — أن تعاريج السواحل واختلاف اتجاهاتها بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة
يؤدي أحيانا إلى تباين توزيع المطر تباينا كبيرا في قطاعات متجاورة من
الساحل ، فبغض النظر عن وجود الجبال بجوار بعض السواحل فإن أي تغير في
اتجاه الساحل بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة كفيل بأن يؤدي إلى تغير واضح في
كمية المطر ، ففي شمال إفريقيا مثلا نجد أن السواحل المواجهة للشمال الغربي
أو الغرب هي أكثر السواحل مطرا ، وخصوصا إذا كانت تكتنفها جبال
مرتفعة ، أما أقلها مطرا فهي السواحل المقوسة نحو الجنوب مثل سواحل

الخلجان المسعة ، والسواحل المواجهة للشرق أو الشمال الشرقى أو الجنوب الشرقى ، ومخصوصا إذا كانت الجبال تكتنفها من ناحية الغرب لأنها تكون في هذه الحالة واقعة في ظل المطر . تقل سواحل المغرب العربى مثلا يتراوح معدل المطر السنوى على السواحل التونسية والجزائرية المقوسة نحو الشمال بين ٦٠ و ٨٠ سم ، بينما يتراوح بين ٣٠ و ٥٠ سم على سواحل المملكة المغربية الممتدة إلى الشرق من منطقة الريف الجبلية ماعدا بعض أشباه الجزر البارزة في البحر مثل شبه الجزيرة التى تقع عليها مدينة مليلة ، والتى تعرف باسم رأس السوارى . كما تقل الأمطار بصورة أوضح على الساحل الشرقى لتونس . وفى شمال ليبيا نجد أن أقل السواحل مطرا هى ساحل سهل الجفارة الذى يبدأ من حدود تونس في الغرب حتى مدينة الزاوية تقريبا في الشرق ، وكذلك ساحل خليج سرت بين فتياء مصراته في الغرب ومدينة أجدابية في الشرق ، وساحل خليج بجة الواقع في ظل المطر بالنسبة لمرتفعات شبه جزيرة برقة وامتداده نحو الشرق حتى الحدود المصرية ، فعلى كل هذه السواحل تتراوح معدلات المطر السنوية بين ١٠ و ١٥ سم . ولهذا السبب فإن الصحارى تمتد عندها حتى تصل إلى شاطئ البحر نفسه . وعلى العكس من ذلك نجد أن الأمطار تزيد بصورة واضحة على التواء الساحل الذى تقع عليه مدينة طرابلس وعلى كل السواحل الأخرى البارزة نحو الشمال والمتجه نحو الغرب أو الشمال الغربى ومنها الساحل الممتد بين مدينتى طرابلس والخمس والساحل الشمالى والشمالى الغربى لشبه جزيرة برقة . وتتراوح معدلات الأمطار على كل هذه السواحل بين ٤٠ و ٦٠ سم . وهى تزداد بصفة خاصة على السواحل التى تكتنفها نطاقات جبلية مثل سواحل شبه جزيرة برقة .

وفى شمال مصر تكثر الأمطار نوعا ما على سواحل الدلتا وعلى ساحل الإسكندرية وساحل سيدى برانى ، وهى المناطق التى تقوس سواحلها نحو الشمال ، وفيها تتراوح المعدلات السنوية بين ١٥ و ٢٠ سم ، بينما لا تزيد عن ١٥ سم فى المناطق الأخرى التى تقوس سواحلها نحو الجنوب مثل الساحل

الذى يمتد بين بلدة العامرية ومدينة مرسى مطروح ، والذي تقع عليه بلدة الحمام ، وكذلك الساحل الذى يمتد بين دمياط والعرش .

وإذا انتقلنا إلى سواحل فلسطين وسوريا ولبنان نجد أن امتدادها بين الشمال والجنوب يضمنها في مواجهة الرياح الممطرة مباشرة تقريبا ، ولذلك فإنها تكون أكثر مطرا من سواحل شمال مصر وليبيا بصفة عامة . وتزيد الأمطار على سواحل لبنان وسوريا بصفة خاصة بسبب وجود سلاسل الجبال بحذاء الساحل بينما تقل نوعا ما في جنوب فلسطين لسببين هما : عدم وجود مثل هذه الجبال من ناحية والاقتراب من النطاق الصحراوى الواقع إلى الجنوب منها من ناحية ثانية .

٣ — أن تأثير التضاريس على توزيع الأمطار يبدو واضحا في كل العالم العربى ، فحيثما تكون الجبال ممتدة بموازاة السواحل المواجهة للرياح القادمة من البحر فإن معظم الأمطار تسقط على المنحدرات والسهول الساحلية المواجهة لها وتقل كثيرا بل وربما تنعدم على المنحدرات والسهول الواقعة على الجانب المضاد ، أى في ظل المطر ، ويظهر هذا التوزيع بوضوح في كل المناطق الجبلية المجاورة للبحر المتوسط في سوريا ولبنان وشمال ليبيا والمغرب العربى . كما أن التضاريس المعقدة وانقسام المناطق الجبلية إلى كتل أو سلاسل تفصل بعضها عن بعض وديان أو أحواض منخفضة يؤدي إلى ظهور أنواع مناخية متباينة في مناطق متجاورة . وينطبق هذا بوضوح على نفس الأقاليم الجبلية السابقة . فعلى معظم المنحدرات الشمالية لسلاسل جبال أطلس التل مثلا يزيد المعدل السنوى للأمطار على ٨٠ سم، بينما لايزيد على المنحدرات الجنوبية لنفس السلاسل وفي هضبة الشطوط عن ٣٠ سم ، ولكنه يعود فيزيد قليلا على المنحدرات الشمالية لأطلس الصحراء التى لاتلبث المظاهر الصحراوية الحقيقية أن تسود على منحدراتها الجنوبية . ومن الطبيعى أن ينعكس توزيع الأمطار على كل مظاهر الحياة الطبيعية والبشرية التى تتباين كثيرا في بعض المناطق المتجاورة . فعلى المنحدرات الشمالية لجبال أطلس التل تتكون الحياة النباتية من غابات دائمة

الخضرة ، بينما تتكون على منحدراتها الجنوبية وعلى هضبة الشطوط والمنحدرات الشمالية لسلاسل أطلس الصحراء من حشائش الاستبس .

وكذلك في شمال ليبيا تسقط معظم الأمطار على المنحدرات الشمالية والشمالية الغربية لجبال برقة وجبال طرابلس . ولكنها تكثر بصفة خاصة على جبال برقة بسبب مجاورتها للبحر وبروزها فيه بشكل شبه جزيرة كبيرة بينما تقل نوعا ما على جبال طرابلس التي يفصل قطاعها الأوسط والغربي عن البحر سهل متسع هو سهل الجفارة الذي يبلغ أقصى اتساعه في الغرب ، ولهذا فإن القسم المطير فعلا من جبال طرابلس هو قسمها الشرقي المجاور للبحر . ففي هذا القسم وكذلك على المنحدرات الشمالية والغربية لجبال برقة تتراوح معدلات المطر السنوي بين ٢٥ و ٤٥ سم وفيها تكون الحياة النباتية البائدة عبارة عن غابات أو أحراج دائمة الخضرة بينما تتناقص النباتات كلما ابتعدنا عن البحر حتى تنهى في النطاق الصحراوي الممتد إلى الجنوب من الجبال :

وتتكرر نفس الصورة كذلك في المناطق الجبلية في شرق البحر المتوسط ، حيث تستأثر المنحدرات الغربية في سوريا ولبنان بمعظم الأمطار وتكون الحياة النباتية الطبيعية في جملتها مكونة من غابات وأحراج دائمة الخضرة . وتتناقص الأمطار بسرعة كلما اتجهنا شرقا حيث تظهر مناطق من الحشائش على المنحدرات الشرقية وفي السهول القريبة منها وفي بعض الأحواض المحصورة بين الجبال ثم تتناقص الأمطار وتنتشر المظاهر الصحراوية بسرعة نحو الشرق .

المناطق الممطرة صيفا :

أهم المناطق العربية التي يسودها المطر الصيفي هي جنوب السودان ووسطه والصومال واليمن . ولكل دولة من هذه الدول ظروفها الجغرافية الخاصة التي تحدد نوع الأمطار وكمياتها وتوزيعها الإقليمي والفصلي .

وتوجد في السودان بالذات أكبر المناطق الممطرة صيفا في الوطن العربي . فباستثناء أطرافه الشمالية الشرقية المجاورة للبحر الأحمر ، والتي يسقط معظم

مطرها شتاء بسبب بعض المنخفضات الشتوية التي تنحرف نحو الجنوب على طول البحر الأحمر ، فإن الأمطار في بقية الأقاليم السودانية تسقط في نصف السنة الصيفي ، إلا أن طول الفصل الممطر يكون في الجنوب أطول بكثير منه في الشمال ، فبينما يبلغ طوله بين ١٠ و ١١ شهرا على الحدود الجنوبية للبلاد فإنه يتناقص كلما اتجهنا شمالا حتى يصل إلى شهرين فقط في الخرطوم ثم يزداد تناقصه حتى ينتهي في الصحراء ، ويرتبط هذا التناقص بحركة الجبهة الاستوائية ITCZ مع حركة الشمس الظاهرية وتناقص فترة تعامدها كلما ابتعدنا عن خط الاستواء .

ومع تناقص طول الفصل الممطر تتناقص كذلك كمية المطر كلما اتجهنا شمالا ، بسبب قصر فصل سقوطها وبسبب تناقص سمك طبقة الهواء البحري القادم من الجنوب وتناقص فرص تكون السحب تبعاً لذلك . ولكن بينما يكون تناقص طول الفصل الممطر منتظما فإن تناقص كمية المطر لا تسير بنفس الانتظام ، لأنها لا تتوقف على حركة الشمس وحدها بل تتوقف كذلك على طبيعة سطح الأرض واتجاه الرياح الممطرة بالنسبة للمنحدرات الجبلية ، ولهذا فإن أمطار المناطق الواقعة في حوض هضبة الحبشة في شرق السودان تزيد على أمطار السهول الواقعة على نفس العروض في وسط البلاد وغربها . لأن وجود حافة هضبة الحبشة في طريق الرياح الجنوبية الغربية الرطبة يؤدي إلى زيادة الأمطار عليها وعلى الأراضي السودانية المجاورة لها ، كما هو واضح من انحراف خطوط المطر المتساوي نحو الشمال على هذه الأراضي . وبنفس الطريقة فإن وجود المناطق الجبلية المرتفعة في منطقة منابع بحر الغزال في جنوب غرب البلاد ، ووجود جبال إيما تونج في أقصى الجنوب الشرقي قد أدى إلى زيادة أمطار هذه المناطق زيادة واضحة عن أمطار سهول بحر الجبل وبحر الزراف الواقعة في ظل المطر .

أما الصومال فله ظروفه الخاصة التي أدت إلى نقص أمطاره بدرجة أدت إلى انتشار المظاهر الصحراوية وشبه الصحراوية في القسم الأكبر منه على الرغم من

موقعه الاستوائى أو شبه الاستوائى ومن طوب سواخله المشرقة على المحيط الهندى وخليج عدن ، فمن النادر أن تزيد الأمطار فى أى جزء من أجزائه عن ٤٥ سم بل إنها تنقص فى نطاقات شاسعة منه عن ٢٠ سم ، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب أهمها : (١) وقوعه فى منطقة ظل المطر بالنسبة للهضبة الاستوائية وهضبة الحبشة الواقعتين إلى الغرب منه ، (٢) جفاف الرياح الموسمية الشتوية التى تهب عليه من ناحية آسيا ، فحتى بعد مرور بعض هذه الرياح على البحر العربى فإنها تهب على القرن الإفريقى بحذاء الساحل تقريبا ، كما أن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التى تهب عليه فى فصل الصيف تكون هى الأخرى موازية للساحل ؛ (٣) قلة سمك الهواء المدارى البحرى الذى يصل إلى المنطقة من المحيط الهندى بدرجة لاتسمح لحركة التصعيد التى تحدث فيه بتكوين سحب من النوع الكثيف الذى يكفى لسقوط أمطار غزيرة ، (٤) تعرض الإقليم لتيارات هوائية علوية ساخنة من الهضاب الداخلية ، إذ أن وجود هذه التيارات فى أعلى الجو لايساعد على تكثف بخار الماء الذى تحمله التيارات الهوائية الصاعدة .

وباستثناء السواحل المطلة على خليج عدن والى تسقط معظم أمطارها القليلة فى الشتاء ، فإن موسم الأمطار فى معظم الصومال هو نصف السنه الصيفى . وينطبق هذا بصفة خاصة على الأجزاء الوسطى من البلاد ، فإذا ما اتجهنا جنوبا نجد أن هذا الموسم يزداد طولاً ، كما تترأى الأمطار كلما اقتربنا من خط الاستواء حيث يمتد موسم المطر ليشغل السنة كلها ، ولكن الكميات التى تسقط تكون أقل بكثير من المعدلات المألوفة فى المناخ الاستوائى العادى ، حيث لايزيد المعدل السنوى غالبا عن ٤٥ سم فقط . أما السواحل المطلة على خليج عدن فإن أمطارها القليلة يمكن أن تأتى فى أى شهر من شهور السنة إلا أن أشهر الشتاء هى أكثر الأشهر تعرضا لها . وسببها هو نفس سبب أمطار عدن وجيبوتى واريتريا وشمال شرق السودان ، وهو وصول تأثير بعض المنخفضات الجوية التى تنحرف من ناحية البحر المتوسط وتتقدم جنوبا على طول البحر الأحمر .

وتمثل مرتفعات اليمن ومرتفعات عسير في جنوب غربي المسكة العربية السعودية المنطقة الثالثة التي يسقط أغلب مطرها صيفا . وتعتبر اليمن بصفة خاصة منطقته موسميته بمعنى الكلمة وإن كانت أمطارها أقل في كميتها من أمطار معظم الأقاليم الموسمية الأخرى في جنوب وجنوب شرق آسيا ، ومعظم أمطارها وكذلك معظم أمطار عسير أمطار تضاريسية صيفية تسببها الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التي تتقدم من الجنوب الغربي بتأثير مراكز الضغط المنخفض الموسمية التي تتبع الضغط المنخفض الذي يتكون على آسيا عموما في هذا الفصل .

ومما يستلفت النظر أنه بينما تسقط معظم أمطار مرتفعات اليمن وعسير في نصف السنة الصيفي فإن معظم أمطار المناطق المنخفضة من حولها ومن بينها سهول تهامة المجاورة للبحر الأحمر تسقط شتاء . وذلك بسبب مواجهة المرتفعات للرياح الرطبة التي تحمل بعض الهواء المداري البحري من خليج غانة . حيث يستطيع بعض هذه الرياح أن يعبر السودان وهضبة الحبشة في مسويات عالية . وهذا يعني أن معظم المطر الذي يسقط في الصيف على هذه المرتفعات عبارة عن مطر تضاريسي . وإلى جانب الأمطار الصيفية التي تسقط على هضاب اليمن وعسير تسقط كذلك بعض الأمطار الربيعية التي تحدث غالبا بسبب العواصف الرعدية المحلية التي يسببها نشاط التيارات الهوائية الصاعدة . ولذلك فإن وقت سقوطها يكون عادة بعد الظهر .

تذبذب الأمطار في معظم أجزاء العالم العربي :

باستثناء المناطق المطيرة في جنوب السودان وعلى الجوانب البحرية لجبال أطلس والجبل الأخضر في ليبيا وجبال سوريا ولبنان ومرتفعات اليمن وعسير ، حيث لا يؤدي تغير كمية المطر فيها من سنة إلى أخرى إلى حدوث تغيرات كبيرة على مظاهر الحياة الطبيعية والبشرية ، فإن كل المناطق الأخرى في العالم العربي تعاني من التغير الواضح في كمية الأمطار وتوزيعها على الأشهر من سنة

إلى أخرى بحيث يصعب الاعتماد عليها في أى تخطيط زراعى أو رعوى ، ففي شمال مصر وليبيا مثلا يبلغ معدل التغير ٥٠٪ أو أكثر . ولا شك في أن قلة الأمطار عموما معناه أن أى تغير في كميتها قد تترتب عليه نتائج كبيرة . ويمكننا أن ندرك التغير الكبير في نظام المطر إذا استعرضنا على سبيل المثال أمطار أى محطة من المحطات الواقعة على حافة الصحراء خلال عدة سنين . ففي واحة سيوة مثلا نجد أن ٤٣,٢ مم قد سقطت بها في سنة ٤٤/٤٥ ، بينما لم يسقط بها أى شيء خلال ٢١ سنة بين ١٩٠٠ و ١٩٢١ ، ويبلغ المعدل السنوى فيها ١٠,١ مم .

وعلى الأطراف الجنوبية للصحراء وفي مناطق الاستبس المجاورة لها يرتفع كذلك معدل تغير المطر ارتفاعا كبيرا ، ففي بورسودان مثلا يبلغ المعدل السنوى ٨٤,٤ مم ، ومع ذلك فإن الأمطار قد انخفضت في سنة ١٩١٠ إلى ٢٠,٣ مم بينما ارتفعت في سنة ١٩٢٥ إلى ٤٢١,٦ مم ، وفي تلك السنة سقط ٧١,١ مم خلال ٢٤ ساعة . وفي الخرطوم يبلغ المعدل السنوى ١٦٨ مم ، ومع ذلك فإن أمطارها قد انخفضت في سنة ١٩٠١ إلى ٦٣,٥ مم بينما ارتفعت في سنة ١٩٣٨ إلى ٣٨١ مم . وفي البصرة يبلغ المعدل السنوى ١٤٤,٤ مم ولكن أمطارها انخفضت في إحدى السنوات إلى ٥٣,٣ مم بينما ارتفعت في سنة أخرى إلى ٣٥٣,١ مم ، وسجل في يوم واحد من الأيام ٨٨,٩ مم . وفي الشارقة على الخليج العربى يبلغ المعدل السنوى ١١٥٧ مم ، ومع ذلك فقد حدث أن سقط ١١٠,٢ مم في يوم واحد . كما حدث نفس الشيء تقريبا في البحرين التى يبلغ معدل مطرها السنوى ٨٢,٧ مم بينما سجل في أحد الأيام ٧١,١ مم .

١٣ - ٩ - الأقسام المناخية للوطن العربى

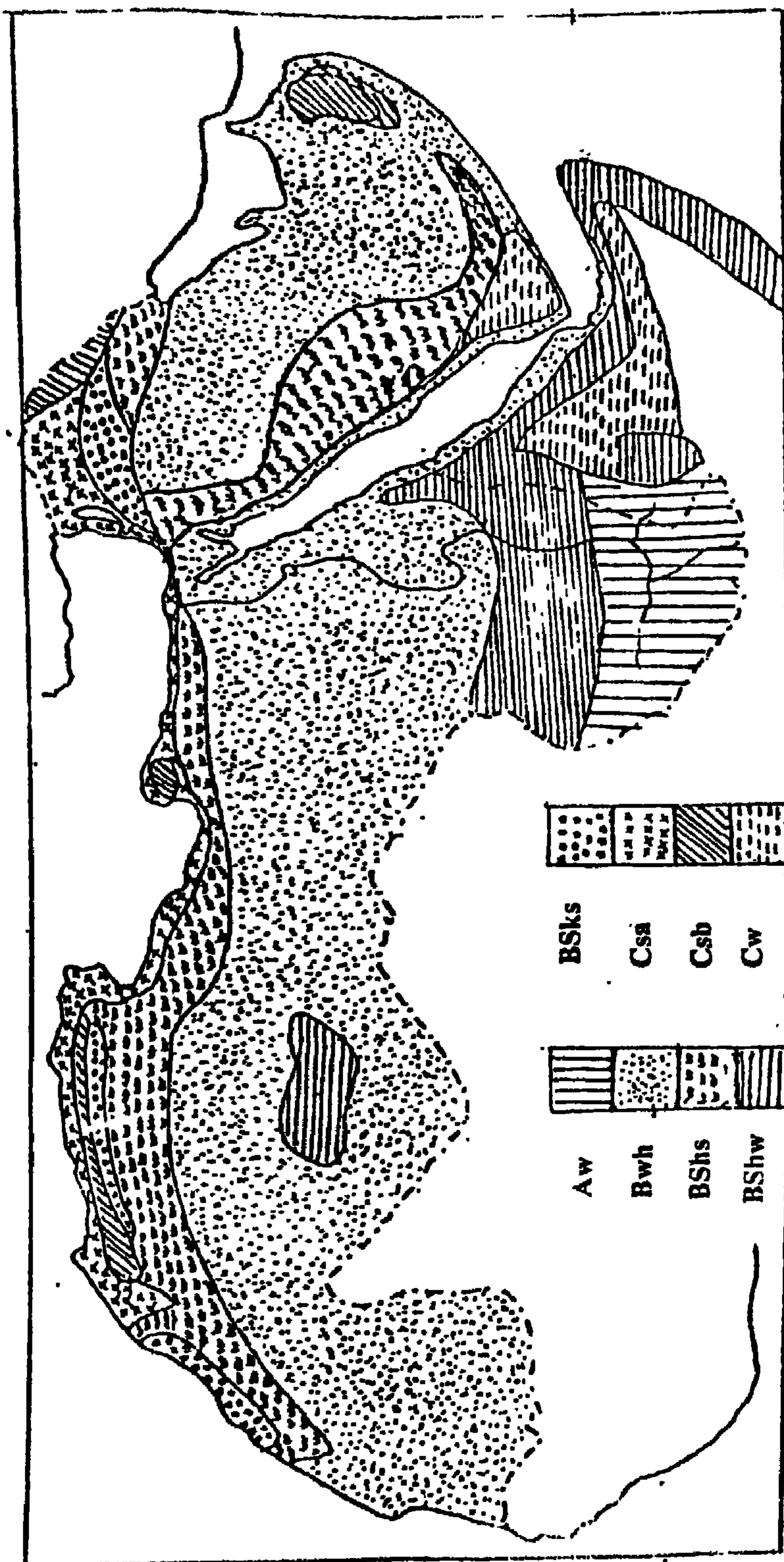
حسب تقسيم كوبن

إن القسم الأكبر من العالم العربى يدخل ضمن القسم المناخى الكبير "B" فى تقسيم كوبن ، بينما تدخل أجزاء محدودة منه ضمن القسم "A" وأجزاء أخرى ضمن القسم "C" .

وفيما يلى أهم الأنواع المناخية التى توجد فى هذا العالم .

أولا - المناخ "A" (الحار الممطر) :

إن النوع الموجود فى العالم العربى من هذا المناخ هو النوع "Aw" وهو الذى يتفق عموما مع النوع المشهور باسم نوع السفانا ، وهو يشمل معظم جنوب السودان ونطاقا كبيرا فى وسطه ، وأهم ما يميزه هو وجود فصل جاف فى الشتاء يشغل ما بين ثلاثة أشهر فى أقصى الجنوب وسبعة أشهر فى أقصى الشمال . ويمكن اعتبار خط المطر السنوى ٦٠ سم حدا تقريبا لهذا المناخ من ناحية الشمال . والأمطار فى جملتها من نوع أمطار التصعيد . وهى تتزايد كلما اتجهنا جنوبا ، حتى يصل معدلها فى أقصى جنوب السودان إلى ١٢٠ سم أو أكثر . أما درجة الحرارة فمرتفعة طول السنة ولا ينخفض معدلها فى أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية ، بل إنه قد يصل فى بعض الأشهر إلى ٣٠°- أو أكثر ، ويحدث هذا عادة فى الشهر أو الشهرين اللذين يسبقان الفصل المطير الرئيسى ، كما هى الحال فى شمال السودان ووسطه ، ولكنه يتناقص تدريجيا نحو الجنوب بسبب تزايد طول الفصل المطير فى هذا الاتجاه مما يؤدي إلى سقوط الأمطار فى كل الأشهر الحارة فلا تكون هناك فرصة للارتفاع غير العادى فى معدل أى منها ، ولذلك فبينما تزيد معدلات بعض الأشهر إلى أكثر من ٣٠° فى المناطق الواقعة إلى الشمال من بحر الغزال فإنها تكاد تصل فى أى شهر من الشهور إلى ٢٩° فى المناطق الواقعة إلى الجنوب منه ، ويبدو هذا



شكل (١٠٧) الأنواع المناخية في العالم العربي حسب تقسيمات كوبن

والمضحا لو قارنا المعدلات الحرارية لبلدة جوبا الواقعة على خط عرض ٥° شمالا
تقريبا بنظيراتها في بلدة توزي الواقعة على خط عرض ٣٠° ١٢° شمالا (وهما
واقعتان على ارتفاع واحد من سطح البحر)

واقليم المناخ « A » في الواقع هو أغنى أقاليم الوطن العربي في موارده المائية
والنباتية وفي إمكانات استخدام أراضيها للتنمية الزراعية والحيوانية ، وقد بدأت
فيه بالفعل كثير من مشروعات التنمية الزراعية والصناعية ، ولكن مازالت
مشكلاته الصحية ونقص سكانه ، وصعوبة المواصلات بين أجزائه بعضها
وبعض ، وبينه وبين بقية البلاد تحول دون تنمية موارده بالسرعة المطلوبة .

وتتدرج النباتات الطبيعية في هذا الاقليم من حيث الكثافة والتنوع من
الجنوب إلى الشمال تبعا لتناقص كمية المطر وتناقص طول الفصل الممطر ،
ففي أقصى الجنوب توجد بعض الغابات دائمة الخضرة التي يظهر معظمها
حول مجارى الأنهار ، وهذا النوع من الغابات هو الذى يشتهر باسم غابات
الدهاليز Gallery Forests :

أما في الشمال فتسود حشائش السفانا الخشنة التي تختلط بها بعض الأشجار
نفضية ، وتتناقص الأشجار وتقل أحجامها كما تتناقص كثافة الحشائش ويقل
ارتفاعها كلما اتجهنا نحو الجنوب .

ثانيا : المناخ " BS " :

هذا النوع من المناخ هو الذى يمكن أن يطلق عليه تعبير المناخ شبه الجاف
« أو » مناخ الاستبس . وهو يغطى نطاقات واسعة من العالم العربى . وذلك
في مناطق الانتقال بين المناطق الممطرة والمناطق الصحراوية . ولذلك فإنه يشغل
نطاقا متسعا في وسط السودان بين نطاقى السفانا والصحراء ، كما يواصل
امتداده في شمال شرق البلاد حتى سواحل البحر الأحمر . وإلى الشمال من
الصحراء الكبرى يعود هذا المناخ للظهور في نطاق آخر إلى الجنوب من البحر
المتوسط في مصر وليبيا وإلى الجنوب من جبال أطلس في دول المغرب العربى .

وفي قلب الصحراء الكبرى نفسها يظهر هذا المناخ في منطقة المرتفعات الوسطى ومن أهمها مرتفعات الحجاز . وفي الجانب الآسيوي من العالم العربي يوجد هذا المناخ حول صحراء شبه الجزيرة العربية من معظم الجهات ، فمن ناحية الشمال يوجد منه نطاق يشمل معظم سهول وسط وغربي العراق وبادية الشام وشمال الأردن ، ومن ناحية الغرب يوجد منه نطاق ممتد من شرق وجنوب فلسطين عبر الحجاز إلى هضاب نجد وحضرموت ، ومن ناحية الجنوب الشرقي توجد منطقة تابعة له في إقليم عمان .

وتشترك كل هذه المناطق في أن أمطارها لا تكفي إلا لثمر غطاء خفيف من الحشائش والأعشاب التي يمكن أن تصلح للرعى ولكنها لا تكفي لقيام الزراعة دون الاستعانة بالري . وهذه في الواقع هي أهم مناطق الثروة الرعوية في العالم العربي ، كما أن كثيرا منها يمكن أن يستغل للزراعة حيثما تتوفر مياه الري من الأنهار مثل دلتا نهر النيل والأراضي التي تروىها مياه نهر الفرات وشط العرب . أو من مياه الآبار والعيون ، كما هي الحال في الواحات التي يوجد عدد كبير منها إلى الجنوب من جبال أطلس وفي شمال ليبيا وشمال مصر . وهناك مجال واسع جدا للتنمية الزراعية في كل مناطق هذا المناخ إذا ما أحسن استخدام مواردها المائية ، سواء منها الموارد السطحية أو الموارد الجوفية .

وعلى أساس التباين في المعدلات الحرارية وفي موسم المطر تنقسم المناطق التابعة لهذا المناخ إلى أقسام أصغر كما يأتي :

أ - مناطق حارة صيفا جافة شتاء (BShw) وتشمل معظم الصومال حيث تمثله معظم البلاد الساحلية ، ووسط السودان حيث تمثله الفاشر (في الغرب) والدويم (في الشرق) ، ومنطقة هضاب وسط الصحراء ، وفي شبه الجزيرة العربية لا يمثل هذا النوع إلا في الأطراف الجنوبية المجاورة للبحر العربي في اليمن الجنوبية وجنوب غرب سلطنة عمان ، كما تمثلها بلدة صلالة العمانية . وفي كل هذه المناطق تشتد حرارة فصل الصيف وخصوصا في المناطق المنخفضة البعيدة

عن تأثير البحار مثل بلدة الدويم في شرق السودان ، حيث نجد أن معدل درجة حرارة شهر أبريل الذي يسبق فصل المطر مباشرة يبلغ حوالى ٣٣° م ، ولكن سقوط الأمطار في الأشهر التالية يؤدي إلى هبوط المعدلات بعض الشيء في أشهر الصيف نفسها .

ب - مناطق حارة جافة صيفا (BShs) ، وهي المناطق التي تخضع لتأثير مناخ البحر المتوسط وتشمل مناطق الاستبس في شمال مصر وليبيا وجنوب جبال أطلس وامتدادها حتى ساحل المحيط الأطلسي ، كما تشمل مناطق الاستبس في غرب وأواسط شبه الجزيرة العربية ، وفي وسط العراق وجنوبه وفي الأردن وفلسطين وجنوب سوريا . وتعتبر هذه المناطق كذلك من أهم مناطق الرعى في العالم العربي ، كما أنها هي أهم مناطق انتاج الشعير ، وحيثما تكون كمية الأمطار مناسبة تزرع بها كذلك محاصيل أخرى أهمها القمح ، وقد اتجهت الأنظار في معظم الدول العربية إلى تنمية هذه المناطق عن طريق تطوير حرفة الرعى وتربية الماشية وتحسين سلاتها وعن طريق تشجيع الاستقرار والاهتمام بالإنتاج الزراعي حينما تسمح الظروف الطبيعية وموارد المياه بذلك .

ج - مناطق معتدلة جافة صيفا (BSk) وهي تقع إلى الشمال من المناطق السابقة (BShs) وتشمل قسما من بادية الشام وشمال الأردن وغربي العراق ، وهي المناطق التي تشكل الإطار الداخلي للسهل الخصيب حيث تبدأ الصحارى بعده امتدادها الشاسع نحو الجنوب في أواسط الجزيرة العربية وجنوبها ، ولها تسقط الأمطار في الشتاء بمعدلات تكفي نمو حشائش تصلح للرعى ، ولهذا فإن هذه المناطق تعتبر من أهم مناطق الرعى في الجزيرة العربية ، وهي لا تختلف كثيرا في حرارتها عن الصحارى المجاورة لها ، ففيها يرتفع المدى الحرارى وتشتد حرارة فصل الصيف كما تشتد برودة فصل الشتاء ، وكثيرا ما تتعرض هذه المناطق لعواصف ثلجية شديدة في فصل الشتاء بسبب وصول هواء قطبي قارى من شمال أوراسيا في مؤخرة المنخفضات الشتوية العميقة .

ثالثا - المناخ "BW" (الصحراوي) :

يشغل هذا المناخ مساحات شاسعة في العالم العربي ، بل إنه يشغل أكثر من ٩٥ ٪ من مساحات بعض الدول العربية مثل الجزائر وليبيا ومصر والمملكة العربية السعودية ، وتشترك كل الصحاري العربية في جفافها وشدة حرارتها في الصيف وارتفاع مداها الحراري الفصلي واليومي ، وفي قصر الفصولين الانتقاليين (الربيع والخريف) بها وفي ندرة سحبها وقوة الإشعاع الشمسي بها وفي كثرة ما يتعرض له من عواصف رملية وتراية ، وخصوصا في فصل الربيع عندما يصلها من الشمال هواء بارد نسبيا بعد أن يكون سطحها قد بدأ يسخن ويجف وتنشط فوقه التيارات الصاعدة ، وتتخلل هذه الصحاري بعض المناطق الجبلية التي تجذب بعض الأمطار التي قد تكفي لجريان الماء في بعض الأودية ، ولظهور بعض الواحات عند مصباته ونمو بعض الحشائش على المنحدرات وفي الأراضي التي تنصرف نحوها أنباء ، ومن أكبر هذه المناطق مناطق جبال الحجار في الصحراء الكبرى .

ويرتبط موسم الأمطار القليلة التي تسقط على أطراف هذه الصحاري بموسم سقوطها في الأقاليم المطيرة المجاورة لها ، ففي الصحاري الواقعة على أطراف مناخ البحر المتوسط في أواسط ليبيا وأواسط الجزائر تأتي معظم الأمطار في الشتاء وهنا يظهر نوع المناخ BWhs أي الجاف في الصيف أما في الجنوب حيث تتدرج الصحاري إلى مناخ السفانا ، كما هي الحال في موريتانيا وشاد وشمال السودان ، فيظهر نوع المناخ BWhw أي الجاف في الشتاء .

رابعا - المناخ "C" (المعتدل) :

وتوجد منه نوعان هما :

(١) نوع ممطر شتاء وجاف صيفا Cs ، ويشمل كل المناطق المجاورة لسواحل البحر المتوسط في شمال إفريقيا ، ويختلف اتساعها من منطقة إلى أخرى من حسب تعاقب الساعات وتضاريس الأراضي المجاورة له ، وتبلغ أقصى

اتساعها في بلاد المغرب وفي شمال ليبيا ومصر ، كما يشمل كل فلسطين ولبنان ومعظم سوريا وإقليم عمان في أقصى جنوب شرق شبه الجزيرة العربية .

وتختلف درجة الحرارة في هذا النوع على حسب التضاريس ففي المناطق السهلية يظهر النوع Csa أي شديد الحرارة ، أما على المرتفعات وأهمها جبال أطلس والجبل الأخضر في ليبيا وجبال لبنان فيظهر النوع Csb المعتدل صيفا .

٢) نوع يسقط مطره صيفا Cw ، ويوجد على المرتفعات الواقعة في الأقاليم المدارية أو بالقرب منها وأهمها هضبة اليمن والأجزاء المرتفعة في الصومال واثيوبيا .

الجغرافيا النباتية

- ١٤ — ١ — العوامل التي تتحكم في نمو النباتات وتوزيعها
- ١٤ — ١ — ١ — العوامل المناخية
- الأمطار وقيمتها الفعلية .
- الحدود التي اقترحها كوين للأقاليم النباتية .
- الحدود التي اقترحها ديمارتون للأقاليم المناخية والنباتية .
- الحدود التي اقترحها ثورثويت .
- الحرارة وقوتها الفعلية بالنسبة لحياة النبات .
- الضوء .
- ١٤ — ١ — ٢ — التربة .
- مواد التربة .
- العوامل التي تتدخل في تكوين التربة .
- القطاع الرأسى للتربة .
- نفوج التربة .
- تصنيف التربة وأقسامها الكبرى .
- ١٤ — ٢ — النباتات الطبيعية وتوزيعها العام .
- المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية

١٤ - ٢ - ١ - الغابات

— مناخ الغابات .

— أنواع الأشجار .

— الأنواع الرئيسية للغابات وتوزيعها الجغرافي

١٤ - ٢ - ١ - الغابات المدارية

— الغابات المدارية المطيرة

— الغابات المدارية شبه النفضية

— الغابات الساحلية (المانجروف)

— الأحراج والغابات الشوكية

— الحياة الحيوانية في الغابات المدارية

١٤ - ٢ - ١ - الغابات المعتدلة الدافئة

— غابات البحر المتوسط

— الغابات الرطبة الدافئة في شرق القارات

١٤ - ٢ - ١ - الغابات المعتدلة الباردة

— الغابات النفضية

— الغابات الصنوبرية

١٤ - ٢ - ٢ - الحشائش

١٤ - ٢ - ٢ - السفانا

١٤ - ٢ - ٢ - الاستبس

١٤ - ٢ - ٣ - الصحارى

١٤ - ٢ - ٤ - التندرا

١٤ - ٢ - ٥ - نباتات الجبال

الجغرافيا النباتية

١٤ - ١ - العوامل التي تتحكم في نمو النباتات وتوزيعها

ليست الحياة النباتية التي تنمو طبيعياً في أى إقليم من الأقاليم إلا نتيجة لتفاعل عدد من العوامل الطبيعية التي تتعلق في مجملها بالأحوال المناخية السائدة .. وتعتبر التربة كذلك من أهم العوامل التي تتدخل في حياة النباتات ، وإن كان من الثابت أن التربة نفسها تستمد معظم خواصها من الظروف المناخية كما سنين بعد قليل .

١٤ - ١ - ١ - العوامل المناخية :

تعتبر المياه والحرارة والضوء أهم عناصر المناخ التي تؤثر بطريق مباشر أو غير مباشر في حياة النباتات ، وفيما يلي عرض مختصر للدور الذي يقوم به كل منها .

الأمطار وقيمتها الفعلية Precipitation Effectiveness

أن أهمية المياه وضرورتها لقيام أى نوع من أنواع الحياة فوق سطح الأرض معروفة ومسلم بها ، والمصدر الأصلي للمياه العذبة هو الأمطار وغيرها من مظاهر التساقط ، وكلما توافرت هذه المياه في منطقة من المناطق ، كان هذا أدعى إلى ظهور حياة نباتية غنية ، وبكفى للدلالة على ذلك أن تقارن بين خريطتين للعالم إحداهما تبين توزيع المعدلات السنوية للمطر ، والأخرى تبين توزيع الحياة النباتية الطبيعية ، حيث نرى بوضوح أن الأقاليم ذات الأمطار

الغزيرة هي غالباً نفس الأقاليم التي تتميز بحياة نباتية غنية ، كما هي الحال في مناطق الغابات الاستوائية والغابات الموسمية والغابات النفضية ، أما الأقاليم التي لا تكفي أمطارها لثمر الغابات فإن نباتاتها الطبيعية تكون عادة مكونة من حشائش تختلف في كثافتها وارتفاعها على حسب كمية الأمطار . وتظهر الصحارى بطبيعة الحال في الأقاليم التي لا تكفي أمطارها لثمر الغابات أو الحشائش .

ومن الحقائق المعروفة أن الحياة النباتية والحيوانية بما في ذلك الإنسان لا يمكنها بأى حال من الأحوال أن تستفيد بكل ما يسقط من الأمطار فوق سطح الأرض ، لأن نسبة كبيرة جداً من الأمطار تضيع بوسائل مختلفة كأن تنصرف عن طريق الأنهار والمجاري المائية إلى البحار والمحيطات ، أو تتسرب في شقوق القشرة الأرضية وتصل إلى أعماق بعيدة يصعب الوصول إليها ، وهذه المياه المتسربة في شقوق القشرة ينتهي معظمها إلى البحار والمحيطات أيضاً ، وتضيع كذلك نسبة عظيمة جداً من مياه الأمطار بالتبخر عند انحدارها فوق سطح الأرض أو عند تجمعها في الحفر والمنخفضات والبحيرات والأنهار ، أو بالتبخر من سطح التربة التي تتسرب فيها ، ويعتبر التتح من النباتات كذلك من أهم الوسائل التي تضيع بواسطتها مقادير كبيرة جداً من المياه .

ومن الواضح أن القيمة الفعلية للأمطار تتوقف بصفة عامة على مقدار ما يضيع من هذه الأمطار بالوسائل سابقة الذكر ، وهذه الحقيقة مهمة جداً بالنسبة للتقدم العمراني ، ففي بعض الأقاليم قد تكون كمية المطر التي تسقط في فصل معين أو طول السنة كافية لقيام حياة عمرانية وزراعية مناسبة ، بينما لا تكفي نفس الكمية في أقاليم أخرى لقيام أى نوع ذي قيمة من أنواع الحياة .

ويعتبر التبخر والتتح في الواقع أخطر الوسائل التي تضيع بها مياه الأمطار ويرجع ذلك إلى عظم الكميات التي تضيع بواسطتهما من جهة ، واستحالة

الاستفادة بهذه الكميات بأى صورة من الصور (إلا إذا تكثفت من جديد) من جهة أخرى ، أما المياه التي تتخدر فى مجارى الأنهار أو تتسرب فى باطن الأرض فمن الممكن التحكم فيها واستغلال معظمها لأغراض الري والشرب وغيرها ، وإن كان ذلك يتطلب فى كثير من الأحيان مجهودات شاقة وتكاليف باهظة . ولهذا فإن دراسة التبخر والتعح تعتبر متممة لدراسة الأمطار ، بمعنى أن كمية الأمطار التى تسقط فى منطقة من المناطق لا تكفى وحدها لتحديد الأثر الواقعى لهذه الكمية بالنسبة لحياة النبات والإنسان والحيوان ، أو بالنسبة لجريان المياه وتصريف الأنهار ، لأن هذا الأثر يتوقف من ناحية أخرى على مقدار ما يعود من الأمطار إلى الجو بواسطة التبخر والتعح .

إلا أن قياس أو تقدير المياه التى تضيع بالتبخر والتعح معا ، وهو ما سميناه « بالتبخر الكلى » . لازال فى حد ذاته من أعقد المشاكل التى ليس لها فى الوقت الحاضر أسس ثابتة واضحة ، ولهذا فإن كثيرا من الباحثين فى علوم المناخ والنبات والهيدرولوجيا حاولوا أن يقدروا القيمة الفعلية للأمطار بطرق رياضية معينة . ولما كانت درجة الحرارة هى العنصر الرئيسى الذى يتخذ فى الوقت الحاضر أساسا لتقدير « التبخر الكلى » رأى كثير من الباحثين أنها يمكن أن تتخذ كذلك أساسا لتقدير القيمة الفعلية للأمطار . ومن الواضح أن هذه القيمة تناسب تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة ، وذلك لأنه كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت كمية المياه المفقودة .

ومن هنا تظهر لنا أهمية معرفة نظام سقوط الأمطار وتوزيعها على أشهر وفصول السنة ، فقد يحدث مثلاً أن تتساوى كمية المطر السنوية فى منطقتين ، ولكنها تسقط فى أحدهما أثناء الفصل الحار ، بينما تسقط فى الأخرى أثناء الفصل البارد ، ولذلك فإن تأثيرها لا يكون واحداً فى المنطقتين ، فإذا فرضنا أن اشتداد البرودة أثناء الفصل البارد لا يترتب عليه وقف نمو النباتات ، فإن القيمة الفعلية للأمطار تكون فى الفصل البارد أعلى منها بكثير فى الفصل الحار .

ومعنى ذلك أن مجرد معرفة كمية الأمطار التى تسقط فى منطقة من المناطق

لاتفيدنا كثيرا إلا إذا عرفنا توزيع هذه الكمية على شهور السنة ، وإلى أى حد تتفق مع أشهر الحرارة أو البرودة ، ومبلغ ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها في أشهر سقوطها ، ومدى اتفاق ذلك مع الفصل الذى تنمو فيه النباتات ، لأن كل ذلك له أهمية خطيرة من الوجهة الجغرافية وما يترتب عليها من نتائج اقتصادية ، وليان أهمية ذلك نذكر مثلا أنه على الساحل الغربى للهند (حول بمباى) يسقط من الأمطار حوالى ١٨٠ سنتيمترا ، ولكن سقوطها كلها تقريبا يكون فى أربعة أشهر فقط ، من يونيو إلى سبتمبر ، مما يؤدى إلى ضياع نسبة كبيرة منها بالتبخر بسبب اشتداد الحرارة ، بينما تنعدم الأمطار ويسود الجفاف فى باقى شهور السنة وتشتد حاجة النباتات للماء .

وثمة مثال آخر يوضح مبلغ تدخل درجة الحرارة فى تحديد القيمة الفعلية للأمطار ، أن النبات الواحد قد يحتاج لنموه فى منطقة ما إلى كمية معينة من مياه الأمطار ، ولكنه يحتاج إلى كمية أكبر من ذلك لكى ينمو فى منطقة أخرى أشد حرارة من الأولى ، فالقمح مثلا تجود زراعته فى الهند فى المناطق التى لا تقل أمطارها عن ٧٥ سنتيمترا ، أما فى بريطانيا فإن زراعته لا تجود فى المناطق التى يرتفع فيها المعدل عن هذا المقدار لأن زيادة الأمطار عن هذا المقدار كثيرا ما تكون سببا فى تلف المحصول ، كما يلاحظ أن نفس المحصول يزرع بنجاح فى جنوب غرب استراليا فى بعض المناطق التى يبلغ متوسط أمطارها ٢٥ سنتيمترا فقط ، والسبب فى هذا هو أن هذه الأمطار تسقط كلها تقريبا أثناء الفصل الذى ينمو فيه النبات .

والمحاولات التى قام بها الباحثون فى علوم المناخ والنبات والهيدرولوجيا لتقدير القيمة الفعلية للأمطار ، وعلاقتها بالحياة النباتية والحيوانية ونظام جريان الأنهار وغير ذلك من المظاهر المرتبطة بسقوط الأمطار متعددة جدا ، وكثير منها مبنى على قواعد رياضية معقدة لن نحاول التعرض لها ، وسنكتفى بالإشارة إلى بعض المعادلات البسيطة التى اقترحها بعض علماء المناخ لتحديد الأقاليم

النباتية العامة على أساس ما يمكن أن تستفيد به النباتات عموما من مياه الأمطار بعد تقدير ما يضيع منها بالتبخر والتساقط

الحدود التي اقترحها كوبن للأقاليم النباتية : يعتبر كوبن W. « Koppen » الألماني من أول الباحثين الذين حاولوا تحديد الأقاليم النباتية على أساس العلاقة بين الأمطار ودرجة الحرارة ، وقد كان هدفه الأول هو تحديد الأقاليم الجافة التي لا تظهر فيها حياة نباتية تذكر ، مع ملاحظة أن المقصود بالحياة النباتية هنا هو الحياة النباتية الطبيعية أو الزراعية ، التي تعتمد في نموها على الأمطار ، وذلك بصرف النظر عن الإنتاج الزراعي الذي يقوم في بعض الأقاليم ذات المناخ الجاف على الري بمياه الأنهار أو الآبار . والأقاليم الجافة لي نظر كوبن هي الأقاليم التي يكون معدل كمية الأمطار السنوية فيها أقل من معدل درجة الحرارة (بالدرجات المئوية) مضافا إليه معامل ثابت هو ٧ ، كما في المعادلة الآتية (١) :

$$P = (T + 7) \text{ أو } P = (T + 7) \text{ أو } P = (T + 7)$$

على اعتبار أن P (أو م) هي معدل المطر بالستيمترات و T (أو ح) هي معدل درجة الحرارة بالدرجات المئوية .

أما إذا زادت م عن (ح + ٧) فإن الاقليم يكون صالحا لنمو الحشائش التي من نوع الاستبس ، وكلما كثرت الأمطار ازدادت هذه الحشائش كثافة حتى إذا ما أصبحت م = ٢ (ح + ٧) أو أكثر أخذت الغابات في الظهور .

(١) السبب في إضافة المعامل الثابت ٧ هو أن كوبن يعتبر أن درجة حرارة (٧ - مئوية) هي أدنى درجة حرارة يمكن أن يستفيد عندها أي نوع من أنواع النباتات بمياه الأمطار وذلك لأن الأمطار التي تسقط في مثل هذه الدرجة أو دونها تكون دائما على شكل ثلج ، فضلا عن أن التربة نفسها تكون متجمدة ، ولهذا فإن كوبن لا يحسب القيمة الفعلية للأمطار في المناطق التي يقل معدل درجة حرارتها عن (٧ - م) وقد رأى بناء على هذا أن يضيف عدد ٧ باستمرار إلى درجة الحرارة حتى لا تنخفض النتائج التي يحصل عليها عند حساب القيمة الفعلية للأمطار عن صفر ، لأن هذه القيمة لا يصح أن تكون سالبة ، فلا يمكن مثلا أن نقول أن القيمة الفعلية للأمطار هي - ٥ ، لأن هذه القيمة أما أن تكون معلومة فتكون في هذه الحالة صفرا وأما أن تكون أعلى من ذلك .

وبلاحظ أن الحدود السابقة يقترحها كوبن للأقاليم التي تكون الأمطار فيها موزعة على جميع أشهر السنة تقريبا ، أما إذا كانت الأمطار كلها أو معظمها تسقط في فصل الحرارة (الصيف) ، فإن ما يضيع منها بالتبخر يكون أكبر بطبيعة الحال مما لو كان معظمها يسقط في فصل الشتاء وهو فصل البرودة ، ففي حالة سقوط معظم الأمطار في فصل الصيف يجب أن تكون $M = C + 14$ على الأقل حتى يمكن أن تنمو الحشائش ، ويجب أن تكون $M = 2C$ (١٤ +) على الأقل لكي تنمو الغابات ، أما إذا كانت معظم الأمطار تسقط شتاء فإن نمو الحشائش يحتاج إلى أن تكون $M = C$ ، أما نمو الغابات فيحتاج إلى أن تكون $M = 2C$ على الأقل .

وجميع هذه الحدود توجد ملخصة في الجدول (٤٠) وموضحة بالشكل (٦٨) .

جدول (٤٠) ملخص الحدود التي اقترحها كوبن للأقاليم النباتية الرئيسية
(م = المطر بالنسبمترات ، ح = معدل الحرارة بالدرجات المثوية)

مناطق مطرها شتوى	مناطق مطرها صيفى	مناطق مطرها طول العام	
$M = C$	$M = C + 14$	$M = C + 7$	صحراء
			استبس
$M = 2C$	$M = 2(C + 14)$	$M = 12(C + 7)$	غابات

الحدود التي اقترحها ديمارتون للأقاليم المناخية والنباتية :

يرى ديمارتون « de Martonne » أن القيمة الفعلية للأمطار أو كما يسميها « معامل الجفاف Aridity Index » في أي منطقة من المناطق يمكن حسابها بالمعادلة الآتية :

$$Y = \frac{P}{10 + T} \quad \text{أو} \quad (Q = \frac{P}{10 + T})$$

وذلك على اعتبار أن Y (ق) هي القيمة الفعلية للأمطار و P (م) هي معدل المطر السنوي بالمليمترات و T (ح) هي معدل الحرارة بالدرجات المئوية ، أما الرقم ١٠ فهو معامل ثابت .

وعلى أساس قيمة ق التي يمكن الحصول عليها بالمعادلة السابقة اقترح ديمارتون الحدود الآتية للأقاليم النباتية والمناخية المختلفة :

قيمة ق (القيمة الفعلية للأمطار أو معامل الجفاف)	نوع المناخ والحياة النباتية
أقل من ٥	مناخ جاف — صحراء
من ٥ إلى ١٠	مناخ شبه جاف — حشائش فقيرة
من ١٠ إلى ٢٠	مناخ رطبة نسبية — استبس
من ٢٠ إلى ٣٠	مناخ رطب — حشائش غنية مختلطة بالأشجار
أكثر من ٣٠	مناخ شديد الرطوبة — غابات

وبلاحظ أن معادلة ديمارتون يمكن استخدامها أيضا لمعرفة القيمة الفعلية للأمطار التي تسقط في شهر واحد ، وفي هذه الحالة يجب أن تكون قيمة P (م) هي كمية المطر التي تسقط في الشهر بالمليمترات و T (ح) هي متوسط درجة الحرارة في نفس الشهر ، كما يجب أن نضرب القيمة الناتجة (Y أو Q) $\times ١٢$ لكي نستطيع مقارنتها بالحدود السابقة .

فمثلا إذا كان معدل الأمطار في يناير هو ٣٠ ملليمترًا ومعدل درجة الحرارة ١٥° م فإن القيمة الفعلية للأمطار (ق) في هذا الشهر تكون :

$$ق = \frac{30}{10 + 15} = \frac{6}{5}$$

وبضرب هذه القيمة $\times 12$ تكون النتيجة ١٤,٤ ، وبمقارنة هذه النتيجة بالحدود السابقة نجد أن هذا الشهر يعتبر رطبًا نسبيًا .

وإذا فرضنا أن نفس الكمية من الأمطار سقطت في أغسطس وأن درجة حرارة هذا الشهر هي ٣٠° م فإن القيمة ق = $\frac{30}{10 + 30} = \frac{3}{4}$ ،

وبضربها $\times 12$ تكون النتيجة ٩ ، وبناء على ذلك يعتبر شهر أغسطس شبه جاف وهكذا .

الحدود التي اقترحها ثورثويت :

تعتبر الأبحاث التي قام بها الباحث الأمريكي ثورثويت في الثلاثينات والأربعينات من هذا القرن أهم الأبحاث التي ظهرت حتى الآن في علم المناخ التلبيثي بصفة عامة وفي تحديد القيمة الفعلية للأمطار وعلاقتها بمشاكل المياه والإنتاج الزراعي بصفة خاصة . وهذا الباحث هو صاحب فكرة التوازن المائي « Water Balance » ، التي تعتبر في الوقت الحاضر من الأركان المهمة في الدراسات الهيدرولوجية الحديثة . ولا يتسع المجال هنا للدراسة آراء ثورثويت بالتفصيل ، ولكننا سنشير إشارة سريعة إلى بعض نتائجها البسيطة التي وردت في تقسيمه للعالم إلى أقاليم مناخية في سنة ١٩٣٣ .

ففي هذا التقسيم رأى أن القيمة الفعلية للأمطار في الشهر يمكن حسابها بالمعادلة : $\frac{10}{9} \left(\frac{P}{T_0 + 10} \right)$ على اعتبار أن P هي كمية المطر بالبوصات و T درجة الحرارة في الشهر بالدرجات فهرنهايت . أما القيمة الفعلية للسنة نبها « PE » فهي مجموع القيم الفعلية لجميع الأشهر . وعلى أساس قيمة « PE » وضع ثورثويت الحدود الآتية للأقاليم المناخية والنباتية :

قيمة PE	نوع المناخ	النبات الطبيعي
١٢٨ فأكثر	دائم الرطوبة Wet	غابات مطيرة
٦٤ — ١٢٧	رطب Humid	غابات
٣٢ — ٦٣	ن الرطب Subhumid	حشائش
١٦ — ٣١	جاف Semiarid	استبس
أقل من ١٦	جاف Arid	صحراء

إلا ثورنشويت اقترح بعد ذلك في سنة ١٩٤٨ تقسيما آخر بناء على اساس أن القيمة الفعلية للأمطار لاتحدد فقط على أساس معرفة ما يضيع فعلا منها بالتبخر الكلي ، بل على أساس ما يمكن أن يضيع لو كانت الأرض مكسوة بغطاء متصل من النباتات وكانت المياه فيها متوفرة باستمرار، ويعرف التبخر الكلي في هذه الظروف باسم « التبخر الكلي الأقصى »
 "Potential evapotranspiration".

وأخيرا يجب أن نوجه النظر إلى أن الحدود المختلفة التي توضع على أساس أى معادلة من المعادلات السابقة أو غيرها إنما تدل فقط على كفاية الأمطار لقيام نوع معين من الحياة النباتية إذا فرض أن ظروف التربة ودرجة الحرارة لاتعوق نموه ، ومعنى ذلك بعبارة أخرى أننا عند دراسة الحياة النباتية وتوزيعها على سطح الأرض يجب ألا ننظر إلى كمية الأمطار وقيمتها الفعلية أو إلى درجة الحرارة وقيمتها الفعلية فقط بل يجب أن ندرس جميع العوامل التي تؤثر في حياة النبات ، سواء منها ماهو مناخى أو ماهو متعلق بنوع التربة ومدى صلاحيتها نمو النباتات .

كيف تتحایل بعض النباتات على تحمل الجفاف : يلاحظ عند الكلام على حاجة النباتات للماء ، أن بعض الأنواع النباتية لها صفات تساعد على تحمل الجفاف في الأقاليم ذات الأمطار القليلة أو الأقاليم التي تتميز بوجود فصل جاف طويل ، ومن هذه النباتات ما ينفض أوراقه في فصل الجفاف ثم يعود للأخضرار في فصل المطر ، ومن أمثلتها كثير من الأشجار التي تنمو في الأقاليم الموسمية حيث ينقطع سقوط الأمطار في بعض أشهر الشتاء ، ومن هذه النباتات أيضا ما يمتاز بمقدرته على تخزين الماء إما في أوراقه أو في جذوره للاستفادة به في فترات الجفاف ، ومنها ما تكون أوراقه شوكية أو صغيرة جدا ، أو تكون مغطاة بطبقة شمعية أو طبقة من الأهداب الدقيقة حتى لاتضيع عن طريقها مقادير كبيرة من الماء بواسطة النتح ، وهذه الأنواع النباتية هي التي تنمو في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية بصفة عامة ، وهناك غير ذلك نباتات لها جذور طويلة تستطيع أن تستفيد بواسطتها من رطوبة الطبقات العميقة من التربة أو من طبقة المياه الباطنية ، ومثال ذلك أشجار الزيتون التي تزرع بكثرة في الجهات قليلة الأمطار من حوض البحر المتوسط . ويلاحظ فضلا عن ذلك أن بعض النباتات يمكنها أن تستفيد ببخار الماء الذي في الجو، أو بالندى الذي يتكون فوق أوراقها . ومعظم هذه النباتات صغيرة الحجم ولا تعلو كثيرا عن سطح الأرض .

وعلى العكس من ذلك نجد أن نباتات الأقاليم غزيرة الأمطار تتميز ببعض الصفات التي تساعد على التخلص من الماء الزائد عن حاجتها بواسطة النتح ، ولهذا فأنها تكون غالبا كثيرة الأوراق ، كما تكون الأوراق نفسها كبيرة الحجم وكثيرة المسام ، وفضلا عن ذلك فإن جذور معظم النباتات تكون قصيرة نسبيا ، مما يقلل من مقدرتها على امتصاص الماء ، كما يغلب أن تكون جذوع الأشجار طويلة ، لأن هذا من شأنه أن يساعد على تنظيم وصول الماء إلى الأوراق .

الحرارة وقيمتها الفعلية بالنسبة لحياة النبات :

Temperature Efficiency:

ليس من شك في أن الحرارة هي أحد العناصر الرئيسية التي تلزم لقيام أي نوع من أنواع الحياة فوق سطح الأرض ، ولكن يلاحظ أن أثرها على تنوع فصائل النباتات يكون أوضح من أثرها على المظهر العام للحياة النباتية ، فالغابات والحشائش في كل المناطق الحرارية تقريبا ما بين خط الاستواء من جهة والدائرة القطبية من جهة أخرى ، إلا أن الفصائل التي تتألف منها الغابات والحشائش في المناطق الحارة تختلف في جملتها عن الفصائل التي تتألف منها الغابات والحشائش في المناطق المعتدلة . والواقع أن العلاقة بين درجة الحرارة وحياة النباتات لا تزال غير محددة تحديدا دقيقا واضحا ، فعلى الرغم من أننا نعرف ، عموما أن ارتفاع درجة الحرارة يساعد على نشاط نمو النباتات ، فإنه لا يشترط أن يؤدي كل ارتفاع في درجة الحرارة إلى ازدياد سرعة النمو أو يؤدي كل انخفاض فيها إلى بطء هذا النمو ، كما لا يشترط أن تكون سرعة النمو بالنسبة لجميع أنواع النباتات أو حتى بالنسبة للنوع الواحد متساوية في درجة الحرارة الواحدة ، أو أن تكون أصلح درجة نمو النبات الواحد واحدة في جميع مراحل نموه . ولهذا فإن درجة الحرارة لا تكفي بمفردها لاعطاء فكرة صحيحة عن الأثر الحقيقي الذي تتركه في مظاهر النمو المختلفة ، وقد أوضح ليفنستون E. Livingston هذه الحقيقة في سنة ١٩١٣ وذكر أنه من الواجب على الباحثين أن يحايلوا الوصول إلى طريقة يمكن بواسطتها تقدير القيمة الفعلية لدرجات الحرارة المختلفة بالنسبة لحياة النباتات ورأى أنه من الممكن تقدير هذه القيمة بطريقتين هما :

(١) Livingston, B. E. "Physical Temperature Indices for the Plant Growth in Relation to climatic Conditions ", Physical Rev. vol., I, 1916, pp. 370- 420.

١ - الطريقة التجريبية ، أى بإجراء تجارب معينة على أنواع مختلفة من النباتات لتقدير سرعة نموها فى درجات الحرارة المختلفة ، ورغم أن إجراء مثل هذه التجارب يعتبر عموماً من اختصاص الباحثين فى علم النبات فإن هذا يجب ألا يحول بين الجغرافيين وبين الاستفادة بنتائجها حتى تكون دراستهم أكثر دقة وواقعية . وهنا فى الحقيقة هو أحد الاتجاهات الحديثة فى دراسة المناخ :

٢ - تحديد فصل النمو « Growing Season » وتقدير مجموع الوحدات أو الدرجات الحرارية التى تتجمع خلاله فوق أدنى درجة حرارة ملائمة لنمو النبات ، وهى الدرجة التى يطلق عليها عادة اسم « صفر النمو Zero Point of Growth » ويطلق على مجموع الدرجات الحرارية التى تتجمع فوق هذا الصفر اسم « الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature » :

أولاً - الطرق التجريبية لتقدير القيمة الفعلية لدرجة الحرارة :

يعتبر القانون الذى وضعه فانهوف « Van't Hoff » حوالى سنة ١٨٨٢^(١) من أهم القوانين الكيميائية التى استفاد بها الباحثون فى العلاقة بين حياة النبات والبيئة الطبيعية ، حتى أنه لا يزال رغم قدمه من الأسس التى يعتمد عليها هؤلاء الباحثون فى دراساتهم . وملخص هذا القانون هو أن التفاعلات الكيميائية فى النبات يزداد نشاطها كلما ارتفعت درجة الحرارة ، ويتبع ذلك زيادة فى سرعة نمو النبات بحيث تتضاعف هذه السرعة كلما زاد متوسط درجة الحرارة بمقدار ١٠° مئوية ، فإذا فرضنا أن سرعة نمو نبات معين (يكون قد بدأ نموه فى درجة حرارة ٦° مئوية) هى ١° مثلاً فإنها تصبح ٢ فى درجة حرارة ١٦° م و ٤ فى درجة حرارة ٢٦° م وهكذا حتى تصل إلى أقصاها فى درجة حرارة معينة هى التى يمكن اعتبارها أصلح درجة لنمو النبات ، فإذا ما ارتفعت درجة الحرارة أكثر من ذلك أخذت سرعة النمو فى التناقص من جديد ، ويمكننا بناء على هذا القانون

(١) Van't Hoff, U.H. « Etudes de Dynamique Chimique » Amsterdam, 1882.

أن نحسب القيمة الفعلية لأي متوسط يومي لدرجة الحرارة ما بين درجة ٦° م وهي الدرجة التي يبدأ عندها النمو (في رأى فانهورف) من جهة ، والدرجة التي تصل عندها سرعة هذا النمو إلى اقصاها من جهة أخرى بالمعادلة الآتية:

$$Q = \frac{T - 6}{10} \times 2$$

وذلك على اعتبار أن : Q ، هي القيمة الفعلية لدرجة الحرارة و T هي المتوسط اليومي بالدرجات المثوية .

وقد استخدم بعض الباحثين في علم المناخ هذا القانون حديثا في بعض أبحاثهم ، فقد استخدمه ثورنثوايت « Thornthwaite » مثلا في سنة ١٩٤٨^(١) . لتقسيم الولايات المتحدة إلى أقاليم حرارية على أساس القيمة الفعلية لدرجة الحرارة ، كما استخدمه زتسر « Zetzer » في سنة ١٩٤٦^(٢) لتقسيم البرازيل إلى أقاليم حرارية على نفس الأساس .

ويلاحظ أن درجة الحرارة التي تبلغ عندها سرعة النمو اقصاها ليست واحدة بالنسبة لجميع النباتات ، ولكن معظم التجارب التي أجريت على نباتات المنطقة المعتدلة قد دلت على أن هذه الدرجة تتراوح بين ١٥° و ٢٢° . فهي بالنسبة للقمح ٣١° م وبالنسبة للذرة تتراوح بين ٢٩° و ٣٢° . أما نباتات المنطقة الحارة فيغلب أن يسرع نموها في درجات حرارة أعلى من ٣٢° .

وإننا مع عدم تقليلنا من قيمة هذه التجارب يجب ألا نغالي كثيرا في الاعتماد على نتائجها التي تعطى في بعض الأحيان صورة غير صحيحة لما يحدث في الطبيعة فعلا ، فالظروف التي تجري فيها مثل هذه التجارب تكون غالبا ظروفًا

(١) Thornthwaite C. W., « An Approach Towards a Rational Classification of Climate », Geographical Review Vol. 38. 1948, pp. 59-93.

(٢) Zetzer, Jose. « A New Formula for Precipitation Effectiveness », Geographical Review, vol. 36, 1946, pp. 247- 263.

صناعية يحدد فيها أثر كل عنصر من العناصر التي تتدخل في حياة النباتات بصورة يندر أن توجد في البيئة الطبيعية ، فعندما يراد مثلا إجراء تجربة ما لمعرفة سرعة نمو أحد النباتات في درجة حرارة معينة فإن هذا النبات يوضع في مكان معين يمكن تثبيت حرارته على الدرجة المطلوبة لعدة أيام أو أسابيع ، وهذا يختلف بالطبع عما يتعرض له النبات في الخلاء ، حيث يخضع لدرجات حرارة قد تتغير تغيرا كبيرا من ساعة إلى أخرى ، ومن يوم إلى آخر ، وهذا فضلا عن أن درجة الحرارة كما هو معروف ليست هي العامل الوحيد الذي يتحكم في نمو النباتات ، بل إن هناك عوامل أخرى كثيرة تتدخل في نموه، منها رطوبة الجو وكمية الأمطار ونظام سقوطها وتوزيعها على أشهر وفصول السنة ونوع التربة ، ولذلك فإن نتائج التجارب التي تجرى في المعامل على نباتات أو أجزاء من نباتات معينة قد لا تفيدنا كثيرا في دراسة المظاهر المناخية والحياة النباتية وتوزيعها توزيعا عاما على سطح الكرة الأرضية . وإن كنا مع ذلك لاننكر أهميتها بالنسبة للدراسات التفصيلية التي تدخل غالبا في اختصاص المهتمين بالدراسات التحليلية للنباتات وعناصر البيئة التي تعيش فيها وهي الدراسات التي تدخل في علمي النبات Botany والبيئة Ecology .

ومن المهم أن نشير كذلك إلى أن التجارب الثقليلة التي أجريت فعلا لتحديد القيمة الفعلية لدرجات الحرارة المختلفة كانت مقصورة على أنواع قليلة جدا من النباتات ، ولذلك فقد يكون من الخطأ تطبيق نتائجها على الحياة النباتية بصفة عامة ، إذ المعروف أن لكل نبات ظروفه واحتياجاته الخاصة التي قد تختلف اختلافا كبيرا عن ظروف واحتياجات غيره من النباتات ، بل إن الفصائل المختلفة للنبات الواحد يختلف بعضها عن بعض اختلافا واضحا كذلك من هذه الناحية .

ثانيا : فصل النمو والحرارة المتجمعة : تعتبر دراسة الحرارة وقيمتها الفعلية على أساس طول فصل النمو ومقدار الوحدات الحرارية التي تتجمع خلاله من أحدث الدراسات التي صادفت قبولا ملحوظا في السنوات الأخيرة من جانب

علماء المناخ والنبات ، الذين أخذوا يوجهون إليها عناية خاصة في كتاباتهم المختلفة . وتمتاز هذه الطريقة عن الطرق التجريبية التي سبقت الإشارة إليها من عدة نواح أهمها :

أ — أنها أبسط منها بكثير حتى أنه من الممكن تطبيقها بسهولة في الدراسات المناخية العامة والتفصيلية على حد سواء لأن كل ما يلزم لتطبيقها كما سنرى فيما بعد هو المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة .

ب — أنها تحاول دراسة العلاقة بين درجة الحرارة والحياة النباتية كما هي موجودة فعلا في الطبيعة .

ج — أنها تستند إلى المبادئ المتفق عليها بين معظم الباحثين في علمي المناخ والنبات ومن أهمها :

١ — أن كل نبات يحتاج لكي يتم نموه ونضجه إلى عدد معين من الوحدات الحرارية التي يجب أن تتجمع أثناء حياته فوق الحد الأدنى الذي يبدأ عنده هذا النبات في النمو ، أي فوق « صفر النمو » .

٢ — أن كل نبات يحتاج إلى عدد معين من الأيام التي يجب ألا ينخفض متوسط درجة حرارتها عن « صفر النمو » .

تحديد فصل النمو : يجب أن نشير هنا إلى أن فصل النمو كما يفهمه طلاب علم المناخ قد يختلف نوعا ما عنه في نظر الزراع وطلبة علم الزراعة ، وهم الذين يتكلمون غالبا عن فصل النمو على أنه هو الفترة ما بين عمليتي البذار والحصاد ، وهذه الفترة كما هو معروف تختلف من نبات إلى آخر ، فضلا عن أنها تتأثر بعوامل أخرى غير درجة الحرارة ، ففي بعض دول غرب أوروبا مثلا قد يحدث في بعض السنين أن تؤدي غزارة الأمطار إلى تأخير عمليات البذر والحصاد عن مواعيدها المعتادة عدة أيام أو أسابيع .

أما في علم المناخ فإننا نقصد بفصل النمو تلك الفترة من السنة التي

لا ينخفض المتوسط اليومي لدرجة الحرارة أثناءها عن ٥ صفر النمو ، بالنسبة للحياة النباتية بصفة عامة ، ويتفق كثير من الباحثين على أن معظم النباتات التي تنمو في المنطقة المعتدلة يبدأ نموها بصفة عامة في أوائل الربيع عندما يرتفع المتوسط اليومي لدرجة الحرارة إلى ٦° م . وهذا بالطبع حكم عام قد لا ينطبق على كثير من الأنواع والفصائل النباتية ، فبعض النباتات تستطيع أن تنمو في درجات حرارة أقل أو أعلى بكثير من هذا الحد ، فبينما يبدأ القمح مثلا نموه عندما ينخفض المعدل اليومي إلى ٣° م نجد أن البفرة والقطن لا يبدأان نموهما إلا إذا ارتفع المعدل إلى ١٣° م بالنسبة للأول و ١٧° م بالنسبة للثاني .

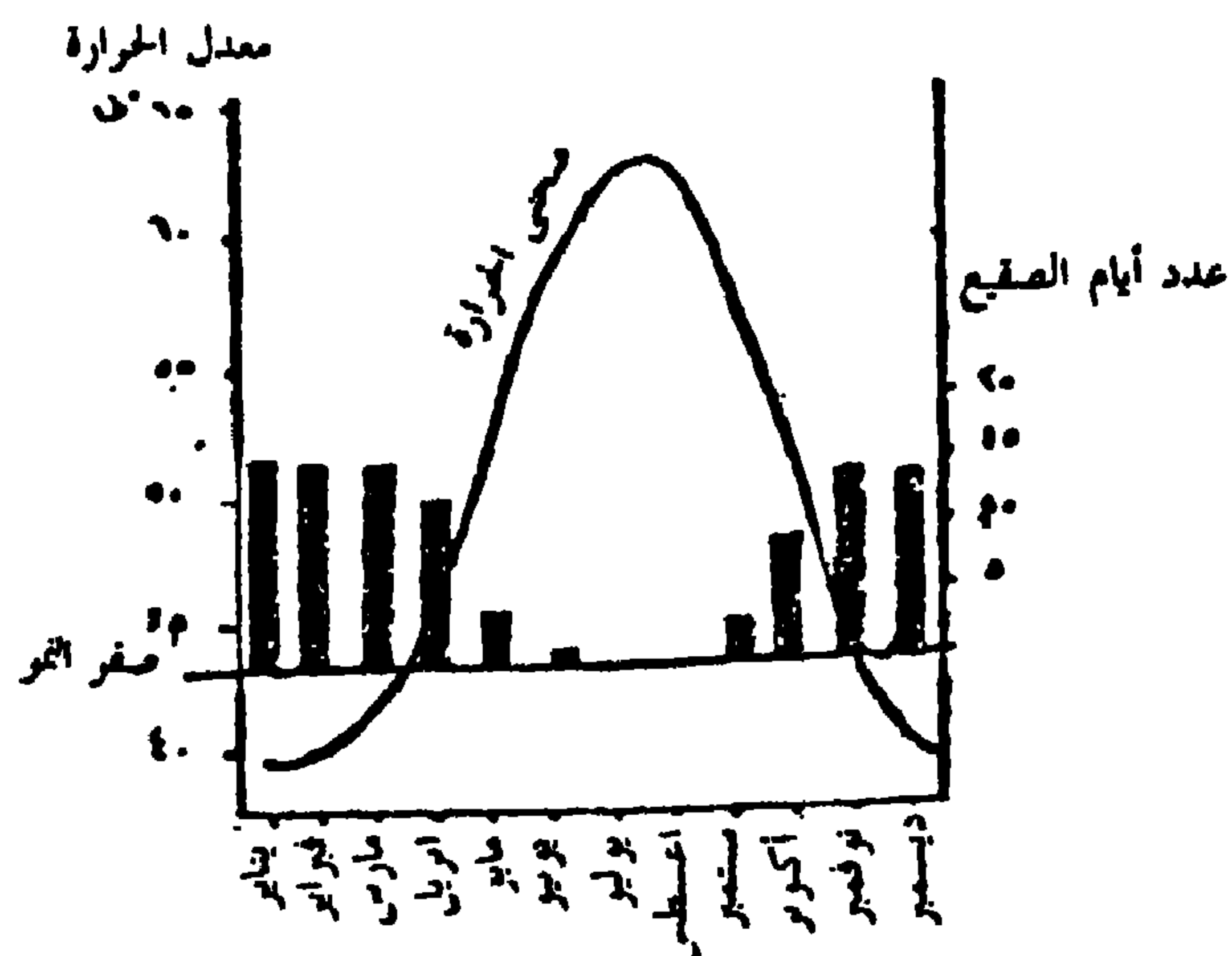
و يجب طول فصل النمو عادة بالأيام ، فإذا اعتبرنا أن المتوسط اليومي ٦° م هو ٥ صفر النمو ، أمكننا أن نقدر طول هذا الفصل في أي مكان بالطريقة المبينة في شكل (١٠٨)

الصقيع وفصل النمو : ويجب أن نشير أيضا إلى أن هناك تحديدا آخر لفصل النمو يستخدم بصفة خاصة في البلاد التي تهتم بزراعة النباتات الحساسة التي لا تتحمل الصقيع ، ومن أشهرها الخضروات وكثير من أنواع الفواكه والنباتات ذات الزهور ، فكثيرا ما يؤدي ظهور صقيع شديد إلى تعطيل نمو هذه النباتات أو هلاكها ، وفي مثل هذه البلاد يحدد فصل النمو عادة بالفترة التي لا يحصل أن يظهر أثناءها صقيع من هذا النوع ، وهذه الفترة تكون غالبا أقصر من الفترة التي لا يقل المتوسط اليومي لدرجة الحرارة أثناءها عن ٦° م

والمقصود بالصقيع بمعناه الضيق هو المادة الثلجية البيضاء التي تظهر فوق سطح الأرض وما عليه من أجسام مختلفة بشرط أن تكون هذه المادة قد تكونت نتيجة لانخفاض درجة الحرارة إلى مادون نقطة التجمد انخفاضا فجائيا يترتب عليه تحول بخار الماء الموجود في الجو من حالته الغازية إلى الحالة الصلبة .

(١) Kincer J.B. Climate and Weather Data for the United States, U.S. Department of

Agriculture's Year-book, 1941, « Climate and Man » p. 690.



شكل (١٠٨) طول فصل التبو وعدد أيام الصقيع في لندن
الاعمدة السوداء تدل على عدد أيام الصقيع في الشهر
المسافة المحصورة بين نقطتي تقاطع منحنى الحرارة مع خط ٤٣°
(٦ م) هي التي تبين طول فصل التبو

مباشرة ، أى دون أن يتكاثف أولا إلى ماء ثم إلى ثلج بعد ذلك ، وهذا الهبوط الفجائى فى درجة الحرارة يكون عادة أشد خطرا على سرعة النبات من هبوطها بشكل تدريجى .

ولكن كلمة صقيع تستخدم في الوقت الحاضر بمعنى أوسع من معناها الأصلي الذي سبقت الإشارة إليه، فهي تطلق الآن على أى انخفاض في حرارة الجو يؤدي إلى هبوطها إلى درجة الصفر المئوي أو إلى مادونها حتى ولو لم يؤد هذا الانخفاض إلى ظهور المادة الثلجية البيضاء ، وتقدر شدة الصقيع عادة على أساس مقدار انخفاض درجة الحرارة عن الصفر ، ويلاحظ أن سرعة الرياح تزيد عادة من قسوة البرودة ، فدرجة حرارة 5° م مثلا تكون أشد تأثيرا ، وخطرا على النباتات إذا كانت الرياح شديدة منها إذا كان الهواء ساكنا ، ويتبين هذا من الجدول (٤١) .

١٠٢ من أخطر الظواهر الجوية على حياة النباتات ، وخصوصا

جدول (٤٩) الحدود الحرارية التي وضعها مكتب الأرصاد الجوية
البريطانية للصقيع^(١)

الحدود بالدرجات المئوية		نوع الصقيع
ساعة الريح ٤. كم/ساعة	هواء ساكن	
صفر - ٠.٥	صفر - ٣.٠	Slight frost صقيع خفيف
١ - ١.٥	٣.٥ - ٤	Sharp frost صقيع حاد
٢ - ٣.٥	٦.٥ - ١١.٥	Hard frost صقيع شديد
٤ - ٥	١٢ - ١٨	Severe frost صقيع قاس
أقل من ٥	أقل من ١٨	Very severe frost صقيع قاس جدا

الأنواع الحساسة منها ، مثل الأزهار والفواكه والخضروات ، ولهذا فإن محطات الإذاعة والتلفاز في البلاد التي تتعرض كثيرا للظهوره تذيع باستمرار إنذارات للزراع في حالة توقع ظهوره في بعض الليالي . وكثيرا ما يعتمد هؤلاء الزراع إلى إيقاد النيران في حدائقهم ومزارعهم لتلافي بعض أخطاره ، كما هي الحال في الولايات المتحدة .

ويتشتر الصقيع في جميع الأقاليم المعتدلة والباردة من العالم ، ولو أن مرات حدوثه تتزايد بصفة عامة كلما اتجهنا ناحية القطبين . وموسم ظهوره هو فصل الشتاء ، ولكنه قد يظهر كذلك في فصل الخريف والربيع . ويلاحظ أن صقيع فصل الشتاء لا يهم الزراع كثيرا لأنه يأتي في الفصل الذي يتوقف فيه نمو معظم النباتات ، وخصوصا في الأقاليم الباردة . كما أن صقيع فصل الخريف ليست له أهمية كبيرة لأنه يأتي غالبا بعد أن تكون معظم النباتات قد أتمت نموها . أو تكون على الأقل قد وصلت في نموها إلى مرحلة لا تتأثر فيها بظهور

(١) نشرة رقم ٣٣٦ - إدارة الأرصاد الجوية - لندن .

الصقيع . أما صقيع فصل الربيع فهو في الواقع أخطر أعداء الفلاح في العروض المعتدلة لأنه يأتي في الوقت الذي تكون فيه النباتات قد بدأت نموها وتكون الأشجار قد أخذت تخرج براعمها، وبشتد خطر صقيع الربيع بصفة خاصة في السنوات التي يكون شتاؤها دافئا نسبيا ، لأن جميع النباتات والأشجار تبدأ نموها وازدهارها في مثل هذه السنوات في أواخر الشتاء وأوائل الربيع . أى قبل مواعيدها المعتادة فإذا حدث وظهر صقيع شديد بعد ذلك فإنه يؤدي إلى هلاكها مما يسبب خسائر كبيرة للزراع . ففي مصر وغيرها من البلاد العربية مثلا كثيرا ما يحدث صقيع شديد في بعض الليالي الربيعية فيؤدي إلى هلاك بعض المحاصيل الحساسة مثل محصول الطماطم ، مما يتسبب في نقص العروض منه في الأسواق وارتفاع أسعاره فجأة ارتفاعا كبيرا .

الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature :

ويقصد بها مجموع الوحدات أو الدرجات الحرارية التي تتجمع فوق أدنى متوسط يومي للحرارة يمكن أن تنمو فيه النباتات بصفة عامة ، وهو في رأى معظم الباحثين ومن بينهم كوبن وأوستن ملر 6°C . ويمكن أن تحسب الحرارة المتجمعة ليوم واحد أو لأسبوع أو شهر أو لأي فترة غير ذلك ، إلا أن المعتاد هو حسابها لفصل النمو بأكمله ، والحرارة المتجمعة لأي يوم هي الفرق بين متوسط درجة حرارته وصفر النمو (6°C) فإذا كان متوسط درجة الحرارة في يوم ما هو 16°C م فإن الحرارة المتجمعة لهذا اليوم تكون $16 - 6 = 10^{\circ}\text{C}$ م والحرارة المتجمعة لأي شهر من الأشهر هي مجموع الدرجات الحرارية المتجمعة في جميع أيام هذا الشهر ، وأبسط طريقة لحسابها هي : $\text{م} = (\text{ح} - 6) \times \text{عدد أيام الشهر}$.

وذلك على اعتبار أن م هي الحرارة المتجمعة و ح هي المتوسط اليومي لدرجة حرارة الشهر ، فإذا كان المتوسط اليومي لدرجة حرارة شهر يناير مثلا هو 10°C م فإن حرارته المتجمعة تكون $(10 - 6) \times 31 = 124^{\circ}\text{C}$ م .

والحرارة المتجمعة لفصل النمو هي مجموع درجات الحرارة التي تتجمع في جميع الأشهر التي يشملها هذا الفصل ، وتقدير الحرارة المتجمعة لفصل النمو له أهمية كبيرة بالنسبة للحياة النباتية بصفة عامة والتوسع الزراعي في الأقاليم الباردة بصفة خاصة لأنه هو الذي يحدد نوع الغلات التي يمكن زراعتها في هذه الأقاليم، وذلك على أساس ماسبق أن ذكرناه من أن كل نبات يحتاج لكي يتم حياته إلى عدد معين من الأيام وإلى عدد معين أيضا من الوحدات الحرارية ، وقد ساعد هذا النوع من الدراسة كثيرا من الدول الواقعة على حدود المناطق القطبية ، كما هي الحال في كندا وروسيا ، على استغلال كثير من الأراضي الواقعة إلى الشمال من الدائرة القطبية في زراعة بعض المحاصيل التي أهمها القمح .

وقد دلت التجارب على أن القمح يحتاج لكي يتم حياته إلى أن تتجمع خلال فصل نموه المعتاد ، الذي يبلغ حوالي ٢١٥ يوما ، ١٠٩٠° م^(١) على الأقل ، ومع ذلك فقد استتبت من القمح فصائل يمكن أن تتم حياتها في فترة أقصر من ذلك وبعدد أقل من الدرجات الحرارية المتجمعة ، ومن أمثلتها بعض الفصائل التي تزرع في شمال كندا وبعض جهات ألاسكا ، وهي تستطيع أن تتم حياتها في يوم أو أقل ولا تحتاج إلا إلى ٧٥٠° م ، وليس من شك في أن وفرة ضوء الشمس في هذه العروض العليا في فصل الصيف يعتبر من العوامل التي تساعد على سرعة نمو النباتات وسرعة نضجها ، لأنه يعوض النقص في درجة الحرارة من جهة وقصر فصل نمو من جهة أخرى^(٢) .

ويمكننا أن نلخص العلاقة بين درجة الحرارة وحياة النباتات فيما يلي :

(١) Gilbert, J.H., « Relation entre les Somme de Temperature et le Production Agricole, »

« Archives des Sciences physiques et Naturelles, Geneva 1886. Gilbert's results

were reviewed by Curtis R.H., in Symon's Met. Magazine vol. II, 1954 pp.

133-119 under « On The Amount of Heat Required for Growth and Ripening of Wheat,

(٢) Unstead, J. « The Climatic Limits of Wheat Cultivation with Special Reference to

North America », Géog Journal vol 36, 1612 pp. 347- 366.

١ — أن هناك حدا أدنى لدرجة الحرارة التي يمكن أن تنمو فيها النباتات .

وهذا الحد الأدنى هو الذي يطلق عليه اسم « صفر النمو » Zero Point of Growth ، وهو يختلف من نبات إلى آخر ، فبينما تستطيع نباتات الأقاليم الباردة أن تنمو في درجة حرارة أقل من الصفر المئوي نجد أن أغلب نباتات الأقاليم المعتدلة لا تنمو إلا إذا ارتفع المتوسط اليومي لدرجة الحرارة عن 6°م ، (وهذا هو صفر النمو المتفق عليه بين كثير من الباحثين) ، أما نباتات الأقاليم الحارة فيلزم نموها من غير شك درجات حرارة أعلى من ذلك .

٢ — ولئن كان هناك حدا أدنى لدرجة الحرارة التي ينمو فيها النبات ، فإن هناك كذلك حدا أعلى لها ، ويكون هذا الحد أقل بالنسبة لنباتات الأقاليم المعتدلة والباردة منه بالنسبة لنباتات الأقاليم الحارة ، فبينما تموت بعض نباتات الأقاليم الباردة إذا زاد المتوسط اليومي لدرجة الحرارة عن 21°م ، نجد أن أغلب نباتات الأقاليم الحارة لا يؤذيها ارتفاع هذا المتوسط إلى 38°م أو أكثر .

٣ — أن سرعة نمو أى نبات تبلغ أقصاها في درجة حرارة معينة يمكن اعتبارها أصلح درجة لنموه « Optimum Temperature » ، وهي ليست واحدة بالنسبة لجميع النباتات ، بل إنها ليست واحدة بالنسبة للنبات الواحد في مراحل نموه المختلفة ، وهي تقع بطبيعة الحال بين أدنى وأعلى درجتى حرارة يستطيع أن ينمو فيها النبات ، وتكون أعلى بالنسبة لنباتات الأقاليم الحارة منها بالنسبة لنباتات الأقاليم الباردة .

٤ — أن كل نبات يحتاج لكى يتم حياته ونضجه إلى عدد معين من الوحدات الحرارية التي يجب أن تتجمع أثناء حياته فوق « صفر النمو » ويطلق على هذه الوحدات اسم الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature .

٥ — في الأقاليم المعتدلة والباردة يقف نمو معظم النباتات في الفصل الذى ينخفض أثناءه المتوسط اليومي لدرجة الحرارة عن « صفر النمو » ، ويزايد طول هذا الفصل ، أو بمعنى آخر يتناقص طول كلسا اقترننا من

القطبين ، ولهذا فان النباتات التي تنمو في الأقاليم الباردة والقطبية تكون عادة من الانواع التي تستطيع أن تتم حياتها في فترات قصيرة نسبيا ، ويلاحظ مع ذلك أن كثيرا من النباتات لا تموت تماما بانتهاء فصل النمو بل تموت فقط موتا ظاهريا ، ولاتلبث أن تدب فيها مظاهر الحياة من جديد عندما يحل الدفء ، كما يلاحظ أن بعض النباتات لا تتأثر تأثرا ظاهريا ببرودة فصل الشتاء بل تظل خضراء طول السنة . وتعتبر الأشجار الصنوبرية التي تنمو قرب الدائرة القطبية من أحسن الأمثلة على ذلك .

الضوء :

يعتبر ضوء الشمس، بغض النظر عن حرارة الجو من أهم العناصر الضرورية لنمو النبات ، وكلما زادت كمية الضوء ساعد ذلك على سرعة النمو ، وهذه الحقيقة لها أهمية خاصة في العروض العليا ، إذ أن طول النهار في فصل الصيف هناك يساعد النباتات على الاسراع في نموها ، بحيث تتم حياتها ونضجها في فترة أقصر وبحرارة متجمعة أقل مما يلزم لنموها في العروض الأكثر دفئا ، ومعنى ذلك أن وفرة الضوء تستطيع أن تعوض النباتات عن بعض النقص في الحرارة ، فالقمح الربيعي مثلا يتم نموه ونضجه في شمال السويد في ٧٩ يوما تقريبا ، بينما يحتاج إلى حوالي ١٠٧ أيام في جنوبها ، ويرجع ذلك من غير شك إلى تزايد طول النهار في الصيف كلما اتجهنا شمالا ، وبين الجدول رقم ١٦ أقصى طول للنهار في العروض المختلفة .

جدول (١٦) أقصى طول للنهار (في ٢١ يونيو) في العروض المختلفة

خط العرض	صفر°	٤١°	٦٣°	٦٦°	٦٧°	٧٨°	٩٠°
أقصى طول للنهار	١٢ ساعة	١٥ ساعة	٢٠ ساعة	٢٤ ساعة	شهر	٤ أشهر	٦ أشهر

١٤ - ١ - ٢ - التربة

تمهيد :

تعتبر التربة من غير شك ثروة من اعظم الثروات الطبيعية التي ترتبط بها حياة الإنسان ارتباطاً مباشراً ، فهي الرعاء الذي تجدد فيه النباتات الاحتياجات اللازمة لوجودها ونموها وتكاثرها ، والذي يحصل منه الإنسان بطريق مباشر أو غير مباشر على كل ما يحتاج إليه من ضروريات غذائه وملبسه ومسكنه .

ولست المصادفة هي التي جعلت سكان العالم يتجمعون منذ بدء انتشارهم على سطح الأرض ، وخصوصاً بعد أن بدأوا يعرفون الزراعة ، في وديان الأنهار وغيرها من المناطق التي تصلح تربتها لإنتاج المحاصيل الغذائية، أو حتى لتقديم ثروة نباتية وحيوانية طبيعية يمكن أن يحصل منها الإنسان على احتياجاته الضرورية باتباع أساليب الجمع والالتقاط والصيد . وترتبط التربة في نشأتها وتركيبها وخصوبتها وغير ذلك من صفاتها العامة بعوامل مختلفة أهمها نوع الصخور التي استمدت منها « Parent Rocks » والعوامل المناخية التي تدخلت في تفتيت هذه الصخور وتحليل موادها ونقلها وتوزيعها على سطح الأرض وعلاقة ذلك بتضاريس هذا السطح وانحداره وغير ذلك من العوامل التي يترتب عليها خلق أنواع من التربة ذات أشكال وخواص متباينة بحيث أصبح موضوع التربة من الموضوعات العلمية المعقدة التي لا يمكن الإلمام بكل جوانبها في أية دراسة عامة . وسنحاول فيما يلي أن نقدم عرضاً مختصراً لأهم جوانب الموضوع بالقدر الذي تحتاج إليه دراستنا الجغرافية العامة .

والمقصود بالتربة بمعناها الضيق هو المواد الصخرية المفتتة التي طرأ عليها بعض التغير الكيميائي واختلطت بها نسبة من المواد العضوية والسائلة والغازية فأصبحت ملائمة لنمو نوع أو أكثر من أنواع الحياة النباتية . وعلى هذا الأسس لا يعتبر الصخر المفتت وحده تربة بمعنى الكلمة طالما لم يطرأ عليه تغير كيميائي

أو يختلط بنسبة من المواد المذكورة ، حيث أنه لا يكون في هذه الحالة صالحا لثمر النباتات . وتتكون التربة عادة ببطء تحت تأثير عوامل مختلفة أهمها المناخ والنبات وتضاريس سطح الأرض . وإن اختلاف هذه العوامل بالإضافة إلى نوع الصخر الأصليه التى تستمد منها المواد الصلبه التى تتكون منها التربة هو الذى يؤدى إلى ظهور الصفات الكثيرة التى تتميز بها بعض أنواع التربة عن بعضها الآخر .

مواد التربة :

تنقسم المواد التى تتكون منها التربة عموما إلى قسمين كبيرين : فالقسم الأكبر منها يتكون من مواد غير عضوية « Inorganic » أما القسم الآخر فيتكون من مواد أصلها عضوى « Organic » بمعنى أنها مستمدة فى الأصل من الكائنات الحية على اختلاف أنواعها ومراتبها .

المواد غير العضوية : هذه المواد هى التى تكون القسم الأكبر من التربة وهى تتج من تفكك وتحلل الصخور المختلفة التى تتكون منها قشرة الأرض بفعل التجوية الميكانيكية والكيميائية . والمعروف أن كل هذه الصخور عبارة عن مركبات من معادن مختلفة ، كما أن المعادن نفسها ليست فى معظمها إلا مركبات من عناصر كيميائية مختلفة ، وعلى هذا الأساس يمكن القول إن المواد غير العضوية التى تتكون منها التربة هى عموما نفس العناصر التى تدخل فى تركيب صخور القشرة الأرضية ومعادنها . وقد اكتشف من هذه العناصر أكثر من مائة عنصر ، ولكن نبيّن أن ٩٨,٥٪ من تركيب قشرة الأرض يتكون من ثمانية عناصر منها فقط وهى الأكسوجين والسيليكون والألومينيوم (ويتكون من هذه العناصر الثلاثة وحدها حوالى ٨٢٪ من صخور القشرة الأرضية) ، وبأى بعدها بالترتيب الحديد والكلسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم وكلها عناصر ضرورية لحياة النباتات . وهناك عناصر أخرى ضرورية لحياة النباتات أيضا ولكنها موجودة بنسب صغيرة ومنها النيتروجين والفوسفور والكبريت .

وهكذا فعندما تنفت الصخور المختلفة بفعل التجوية فإنها تنتج أنواعا متباينة من المواد التي يكون بعضها قابلا للذوبان في الماء مثل كربونات الكالسيوم وبعضها الآخر غير قابل للذوبان مثل الصلصال والغرين والرمال التي تتكون من حبات الكوارتز وقطع الصخور ، وهذه المواد غير القابلة للذوبان هي التي تمثل التركيب غير العضوي الرئيسي للتربة .

التركيب الكيميائي للتربة :

إن دراسة التركيب الكيميائي للتربة له علاقة قوية بنوعيتها ومدى صلاحيتها فهو الأنواع المختلفة من النباتات . وكلما كانت التربة متوازنة في تركيبها الكيميائي كانت أكثر صلاحية للزراعة . وفي حالة عدم توازنها تستخدم عادة أسمدة كيميائية خاصة لتزويدها بالعناصر الناقصة .

ويطلق تعبير عناصر التربة الحرجة Soil Critical elements على بعض العناصر الضرورية التي تستهلك منها النباتات كميات كبيرة والتي توجد غالبا بنسب صغيرة في التربة ومنها النيتروجين (الآزوت) والفوسفور والبوتاسيوم . وهي تضاف عادة إلى التربة في صورة أسمدة كيميائية لتعويض ما يطرأ عليها من نقص . وهناك غير ذلك عناصر أخرى لما دخل في توازن التربة مثل المنجنيز والنحاس والزنك . كما أن درجة تركيز الأهدروجين ، التي يعبر عنها عادة بالرمز PH تعتبر من العناصر الهامة التي لا بد أن يحسب لها حساب في تقدير صلاحية التربة للزراعة لأنها هي التي تحدد درجة حموضتها أو قلويتها . وعملوح قيمة الـ PH بين ٤ و ٥ في التربة الحمضية و ٨ و ١٠ في التربة القلوية .

وتعتبر المواد الجيرية (أو الكلسية) والمواد الملحية وأكاسيد الحديد والألمينيوم وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم من العناصر التي يمكن أن تعطى للتربة نوعية خاصة إذا كثرت فيها ، وعلى هذا الأساس تقسم التربة عموما إلى أربعة أنواع كبرى هي : التربة الجيرية والتربة الملحية والتربة الحديدية والتربة

المتعادلة ، أما التربة الجيرية فيقصد بها التربة التي تسود فيها المواد الجيرية ، ويطلق عليها عموماً تعبير (بيدوكال) Pedocal^(١) ، وهي موجودة على نطاق واسع في مناطق الصخور الجيرية ، وخصوصاً في الأقاليم الجافة . وهي تربة قلوية حيث ترتفع فيها درجة التركيز الأيروجيني إلى ٨ أو أكثر ، وفيها تجود زراعة أنواع متباينة من المحاصيل إذا توافرت لها المياه .

أما التربة الملحية Halomorphic ، فهي التربة التي تحتوى على نسبة عالية من الأملاح ، وخصوصاً أملاح الصوديوم والبوتاسيوم . وهي موجودة بكثرة في منخفضات الأقاليم الجافة التي تنصرف نحوها مياه الأمطار أو ترتفع فيها بعض المياه الجوفية إلى السطح . ففي هذه الأقاليم يؤدي نشاط التبخر إلى سرعة ارتفاع مياه التربة ومعها الأملاح الذائبة بفعل الخاصية الشعرية ، مما يؤدي إلى تركيز الأملاح بمرور الوقت على السطح وفي التربة السطحية ، كما يكثر وجود هذا النوع من التربة في الأشرطة الساحلية المنخفضة التي تكونت على حساب البحر أو التي تغطي عليها مياهه عند ارتفاعها في حالة المد أو الأمواج العالية . ومن أشهرها السبخات الساحلية والسبخات التي توجد في منخفضات الأقاليم الجافة ومنها منخفضات الواحات .

أما التربة الحديدية Pedalfer^(٢) ، فيميزها وجود نسبة عالية من أكاسيد الحديد وأكاسيد الألومنيوم بها . وتعطيها أكاسيد الحديد عادة لونا أحمر طويلاً أو مائلاً للاحمرار . وهي غالباً حمضية ، وفيها لا تزيد قيمة الـ PH عن ٥,٥ ، وهي عموماً قليلة الخصوبة بسبب حموضتها ولكن من الممكن معالجتها بإضافة بعض الجير إليها . وهي توجد عادة في الأقاليم الاستوائية، كما تمثلها تربة البودزول في الأقاليم الباردة .

(١) Pedocal كلمة من أصل لاتيني مكونة من مقطعين هما Ped ومعناها أرض و Cal وهي اختصار كلمة كالسيوم Calcium.

(٢) Pedalfer ، كلمة من أصل لاتيني مكونة من ثلاثة مقاطع هي : Ped ومعناها أرض ثم Al و Fer . وهما اختصار كلمتي Aluminium و Ferrum أى حديد .

وأما التربة المتعادلة فهي التربة المتوسطة بين التربة الجيرية القلوية والتربة الحديدية الحمضية ، وفيها تكون درجة التركيز الإيدروجيني ما بين ٦ و ٧ .

المواد العضوية : مصدر هذه المواد هو بقايا ومخلفات الحياة النباتية والحيوانية بمختلف أنواعها ومراتبها ، فكل هذه الكائنات مردها النهائي إلى التربة حيث تتفتت وتحلل فيها بمرور الزمن وتحت الظروف الملائمة إلى أعداد لا حصر لها من الكائنات العضوية الميكروسكوبية . والمواد العضوية المتحللة في التربة هي التي يطلق عليها عادة اسم الدبال أو الهيومص « Humus » ، وعندما يزداد تحلل الدبال فإنه يتحول إلى أملاح بسيطة وثاني أكسيد كربون وماء وتعتبر المواد العضوية المتحللة من أهم العوامل التي تساعد على تحسين التربة وعلى المحافظة على خصوبتها، ولذلك فإن وجودها ضروري جدا في الأراضي الزراعية . والواقع أن التربة لا تكون ذات قيمة حقيقية إلا إذا كانت بها نسبة معقولة من المواد العضوية المتحللة .

وتعتبر البكتريا وغيرها من الكائنات العضوية الميكروسكوبية مثل الطحالب والفطريات والبروتوزوات من المواد العضوية المهمة ، التي يساعد وجودها بكثرة في التربة على إحداث التغيرات الكيميائية الضرورية لتحليل المواد العضوية الأخرى وتحويلها إلى دبال « Humus » ثم تحويل الدبال بدوره إلى عناصر أبسط منه يسهل على النباتات أن تستفيد بها .

العوامل التي تتدخل في تكوين التربة :

تتدخل في تكوين التربة عوامل متعددة وعمليات طبيعية وكيميائية معقدة تشترك فيها كل عناصر البيئة الطبيعية والحيوية بدون استثناء . وليس من السهل حصر كل العوامل التي لها دور مهم في هذا التكوين ، ولكننا مع ذلك يمكننا أن نحدد أهمها كما يأتي :

(١) نوع الصخر الذي يستمد منه التربة

(٢) المناخ

(٣) التضاريس

٢٤ المياه

٢٥ الكائنات الحية

أولا : نوع الصخر :

فالصخور هي مصدر المواد غير العضوية التي تستمد منها المكونات الرئيسية الأولية للتربة ، ولكل تربة مصدر صخري أصلي تستمد منه مكوناتها الرئيسية ويطلق على هذا المصدر تعبير الصخر الوالد Parent Rock . ولهذا فلا بد للباحث الذي يتعرض لدراسة التربة أن يكون على علم بأنواع الصخور وتركيبها المبدئي والعنصري لأن هذا التركيب سيكون هو نفسه تقريبا تركيب التربة . ونظراً لأهمية هذا العامل فإن التربات تصنف أحيانا على أساس أنواع الصخور التي استمدت منها ، كأن تكون مثلا تربة رملية أو جيرية أو طينية وتوصف التربة بأنها محلية إذا كانت مستمدة من الصخر الذي ترتكز عليه مباشرة ، ومنقولة إذا كانت مستمدة من صخور منطقة أخرى غير منطقة وجودها، ويكون تركيبها في هذه الحالة مختلفا عن تركيب الصخر الذي ترتكز عليه .

ولاشك أن تحول الصخر إلى المواد المفتتة التي تتكون منها التربة يحتاج إلى أن يتعرض هذا الصخر لعمليات التجوية المختلفة ، سواء في ذلك عمليات التجوية الميكانيكية أو الكيميائية ، وهي العمليات التي تتداخل فيها عوامل كثيرة أهمها المناخ والمياه والكائنات الحية فإذا ماتفت الصخر وتحلل بالتجوية وبقيت المواد المفتتة الناتجة في مكانها على سطحه فإن هذا يؤدي إلى تكوين التربة المحلية . أما إذا قامت عوامل التعرية بنقل هذه المواد إلى أماكن أخرى فإن هذا يؤدي إلى نشوء أنواع مختلفة من التربة المنقولة التي تتميز بصفات خاصة على حسب طبيعة عوامل التعرية التي قامت بنقلها وترسيبها ، ومن أهمها :
(١) التربات الهوائية التي تقوم الرياح بنقلها مثل تربة اللويس والتربات الرملية في الأقاليم الجافة .

- (٢) التربة الفضية التي تقوم المياه الجارية بنقلها ، والتي تتكون منها تربة وديان الأنهار ودلتاواتها ، بما في ذلك تربة وديان الأقاليم الجافة التي تجري فيها المياه بصورة متقطعة ، وتربة الدلتاوات المروحية التي تتكون في نهايات هذه الوديان ، وتربة الأحواض التي تصب فيها .
- (٣) التربة الجليدية وهي التي يقوم الجليد بنقلها وترسيبها عند انصهاره ، وهي توجد حول التلاجات وعلى أطراف المناطق التي زحف عليها الجليد خلال العصور الجليدية في البليستوسين .

ثانيا - المناخ :

وهو العامل الرئيسي الذي يؤثر في المواد الصخرية والمعدنية المستمدة من الصخر الأصلي ولكل عنصر من عناصر المناخ دوره الخاص في هذا المجال ومع ذلك فإن العناصر كلها تعمل مجتمعة وتؤدي بمرور الوقت إلى إضعاف الصلة بين مواد التربة وبين الصخر الأصلي الذي استمدت منه ، وكلما طال الزمن اكتسبت التربة صفات جديدة تبعدها عن صفات هذا الصخر ، حتى أن النوع الواحد من الصخور قد يعطى أنواعا مختلفة من التربة إذا ماتعرضت المواد المستمدة منه لظروف مناخية مختلفة ، ولهذا فإن علماء التربة يميلون في الوقت الحاضر إلى تصنيف التربة في العالم على أساس النطاقات المناخية التي تكونت فيها ، لا على أساس الصخور الأصلية التي استمدت منها ، ولا يكاد يوجد أي عنصر مناخي إلا وله دور مهم في تكوين التربة .

فالإشعاع الشمسي له دور هام في حياة الكائنات الحية التي تعيش في التربة أو تموت وتحلل فيها ، كما أنه يعتبر عاملا رئيسيا في عمليات التبخر منها وفي التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها . كما أن درجة الحرارة تعتبر هي الأخرى عاملا رئيسيا من العوامل التي لها دخل في تكوين التربة على اعتبار أنها عامل مهم من عوامل التجوية الميكانيكية وأن لها تأثيرا قويا على نمو الكائنات الحية وعلى قدرة التربة على استخلاص الأزوت من الهواء وعلى تبخر الماء منها وعلى

ترسيب الأملاح عليها ، أو على تجفيف سطحها وتفتيته مما يساعد الرياح على إزالة ما يغطيه من أتربة ورمال ناعمة .

وتعتبر درجة حرارة التربة من العناصر التي يمكن قياسها بواسطة ترمومترات خاصة . والمعتاد هو أن تكون درجة حرارة التربة السطحية مرتبطة بدرجة حرارة الهواء الملاصق لها ، وأن هذا الارتباط يتناقص كلما تعمقنا فيها ، ولهذا فكثيرا ما يكون هناك فرق كبير بين درجة حرارة التربة السطحية ودرجة حرارة التربة السفلية . ففي الأقاليم الصحراوية الحارة مثلا قد ترتفع درجة حرارة سطح الرمال أحيانا في وسط النهار في فصل الصيف إلى ٧٠° مئوية أو أكثر ولكنها تتناقص تدريجيا كلما تعمقنا بعيدا عن السطح حتى أن المياه الجوفية التي قد توجد على عمق بضعة أمتار تكون باردة . أما في فصل الشتاء فقد يحدث العكس فتكون درجة حرارة السطح أقل من درجة حرارة التربة السفلية التي تظل محتفظة بحرارتها . ومعنى هذا بعبارة أخرى أن درجة حرارة التربة السفلية لا يطرأ عليها تغير كبير من وقت إلى آخر بينما تتغير درجة حرارة التربة السطحية كلما تغيرت درجة حرارة الجو . ومن الظاهرات المعروفة أن التربة السفلية في كثير من المناطق الباردة والقطبية متجمدة باستمرار منذ العصور الجليدية أو قبلها وتعرف هذه الظاهرة باسم Perma frost ، أي ظاهرة التجمد الدائم للتربة ، ويمتد هذا التجمد لعمق كبير قد يصل إلى ٤٠٠ متر أو أكثر . ومع هذا فإن التربة السطحية في نفس هذه المناطق تنصهر خلال فصل الصيف وتنمو بها الحشائش القطبية بل ويمكن استخدامها للزراعة ، إلا أن مثل هذه التربة تكون رديئة الصرف لأن المياه التي تتجمع على سطحها لا تستطيع التسرب إلى طبقاتها السفلى المتجمدة . وتعتبر الأمطار كذلك من أهم العناصر المناخية التي لها دخل مباشر وغير مباشر في تكوين التربة . وهي كغيرها من العناصر لا تقوم بعملها منفردة بل إنها جميعا تعمل متضافرة . فالأمطار الكثيرة التي تسقط طول السنة أو في معظم الأشهر على المناطق السهلية تؤدي إلى تبلل التربة باستمرار ، بل وإلى تراكم المياه فوقها مما يؤدي إلى

ذوبان مائها من أملاح قابلة للذوبان وإلى تصفية هذه الأملاح بالتسرب نحو التربة السفلية حيث تتجمع غالبا في طبقة ملحية تتماسك بمرور الوقت حتى تتصلب وتتكون منها طبقة غير نافذة تحول دون انصراف مياه التربة إلى أسفل مما يؤدي إلى رداءة صرفها وتدهورها .

ويطلق على عملية ذوبان أملاح التربة وتسربها إلى أسفل اسم عملي التصفية Leaching ، وهي تساهم في تكوين أنواع متباينة من التربة على حسب كثرة الأمطار وتوزيعها الفصلي ودرجة حرارة الأقاليم التي توجد فيها، ففي الأقاليم الباردة المطيرة تؤدي هذه العملية ، مع قلة التبخر ، إلى تراكم البقايا النباتية بكثرة وتكدسها على السطح وعدم تحللها تحللا كافيا ، فينتج عن ذلك نوع من التربة النباتية الحمضية يعرف باسم تربة البودزول ، أما في الأقاليم الحارة المطيرة مثل الأقاليم الاستوائية فإن عملية التصفية لاتزيل أكاسيد الحديد الحمراء من التربة بسبب عدم قابليتها للذوبان فينتج عن هذا تكون نوع من التربة الحمراء يشتهر باسم تربة اللاتيريت Laterite أي التربة الطوية لأنها تشبه الطوب الأحمر .

وعلى العكس من كثرة الأمطار فإن قلتها في الأقاليم الجافة تؤدي إلى جفاف التربة وإلى ارتفاع مياهها إلى السطح بتأثير الخاصية الشعرية حيث تتبخر تاركة مائها من أملاح على السطح أو تحتها مباشرة ، وبتكرار هذه العملية تزداد ملوحة التربة السطحية وتتكون فوقها قشرة ملحية . وبهذه الطريقة تتكون المسطحات المالحة والسبخات المنتشرة في منخفضات كثير من الأقاليم الجافة .

وبالإضافة إلى تأثير المطر على نوعية التربة ، فإن له تأثيرا آخر بوصفه عاملا من عوامل التعرية ، حيث أن سقوطه بغزارة على جوانب المنحدرات ، وخصوصا المنحدرات الخالية من الغطاء النباتي ، يؤدي غالبا إلى جرف التربة وإزالتها باستمرار .

وتعتبر الرياح كذلك من العناصر المناخية التي لها دخل في تكوين التربة ، وذلك باعتبار كونها عاملا من عوامل التعرية ، فهي تقوم بتذرية التربة الناعمة

في المناطق الجافة ونقلها مما يؤدي إلى كشف القاعدة الصخرية التي تتركز عليها أو الطبقة الحصوية التي تتخلف على السطح بعد أن تزيل الرياح الحبات الصغيرة التي كانت مختلطة بها . وبهذه الطريقة تكونت مناطق الحمادة الصخرية ومناطق الرق الحصوية التي تعتبر من أهم الأشكال السطحية في الأقاليم الصحراوية .

كما تقوم الرياح من ناحية أخرى ببناء التربة في المناطق التي ترمب فيها مانقله من رمال وأتربة ، فالمعروف مثلا أنها هي المسؤولة عن تكوين بعض أنواع التربة المشهورة في العالم وأهمها تربة اللويس التي توجد في مناطق واسعة وبسمك كبير في كثير من المناطق مثل شمال الصين ووسط أمريكا الشمالية .

ثالثا - التضاريس :

تدخل التضاريس في تكوين التربة بطرق مختلفة بعضها مباشر وبعضها غير مباشر ، فمن أثارها المباشرة أنها تساعد على انجراف التربة وتحول دون تراكمها على المنحدرات الشديدة والقائمة ، بينما تساعد على ترسيبها وتراكمها في السهول والأحواض المنخفضة ، وفيما بين هاتين النهايتين يتدرج تأثير التضاريس على تكوين التربة وعلى تطورها .

ويعتبر انجراف التربة بالذات من أخطر المعوقات الزراعية في الأقاليم الجبلية ، ولذلك فقد اهتم الزراع بمقاومته والتغلب عليه منذ العهود الحضارية القديمة ، ومن أشهر طرق مقاومته وأقدمها طريقة بناء المدرجات على المنحدرات وهي طريقة منتشرة في مناطق كثيرة من العالم مثل اليمن والجزائر واندونيسيا وغيرها من بلاد جنوب شرق آسيا . وهناك طريقة أخرى تستخدم غالبا في أوروبا وأمريكا ، وبمقتضاها تترك أشربة من الأعشاب الطبيعية على الأطراف السفلية للحقول الواقعة على المنحدرات حتى تعوق انجراف التربة كما تفعل سدود المدرجات . وكلما كان الانحدار شديدا كلما احتاج الأمر إلى زيادة عرض الأشربة وزيادة كثافة نباتاتها . ومن المتبع كذلك أن تبنى سدود

منخفضة بعرض الوديان التي تنحدر فيها المياه لتتجمع أمامها التربة فتكون بذلك أحواض رسوية صغيرة يمكن زراعتها بعد توقف جريان المياه .

وبالإضافة إلى الطرق السابقة التي تستخدم بقصد استخدام المنحدرات للزراعة ، فمن الممكن كذلك حماية تربة المنحدرات الجبلية بتشجيرها أو المحافظة على الغطاء النباتي الطبيعي الذي يكسوها .

رابعا - المياه :

تعتبر المياه المختلطة بمحبيات التربة من أهم العوامل التي تتدخل في عمليات التحلل الطبيعية والكيميائية التي تحدث للكائنات العضوية التي توجد في التربة ، وكلما كانت التربة جيدة الصرف ساعد ذلك على تطورها ونضوجها بشكل متعادل . أما إن كانت رديئة الصرف وظلت مبللة باستمرار فإن ذلك يؤدي إلى تكوين أنواع خاصة من التربة التي لا تصلح غالبا للزراعة إلا بعد تجفيفها وإصلاحها ، وكثيرا ما يحدث هذا في الأراضي المنخفضة في المناطق المطيرة وفي المناطق التي تتركز فيها التربة السطحية على طبقة صماء قريبة من السطح .

ويوجد الماء في التربة بأشكال وصور متعددة من أهمها :

- (١) الماء الممتص Absorbed water وهو الماء الذي تجذبه جزيئات التربة فيتجمع حولها ، ولكنها لا تحول دون انفصاله عنها عندما تحتاجه جذور النباتات ولهذا فانه يسمى أحيانا بالماء المتيسر .
- (٢) الماء الملتصق أو الهيجروسكوبي Hygroscopic water وهو الماء الذي يلتصق التصاقا شديدا بجزيئات التربة بشكل أغشية رقيقة جدا لا يمكن فصلها إلا بالتبخير عندما ترتفع درجة حرارة التربة إلى مائة درجة أو أكثر ، ولهذا السبب فإن هذا الماء يسمى أحيانا بالماء غير المتيسر حيث أن النباتات لا يمكنها أن تستفيد به .
- (٣) الماء الشعري Capillary (or film) water . وهو الماء الذي يستطيع أن

يرتفع، في مسام التربة بتأثير الخاصة الشعرية بسبب ضعف التصاقه
بجبات التربة مما يسمح له بالارتفاع بين مسامها . ويمكن للنباتات أن
تستفيد به .

(٤) الماء الحر (الماء الفائض) Free or Gravitational water وهو الماء الزائد
عن قدرة الجذب الشعرى . وهو يتحرك بقوة الجاذبية الأرضية وهو
ماء غير مرغوب فيه لأن زيادته تؤدي إلى رداءة الصرف وسوء تهوية
التربة واختناق جذور النباتات . كما أن التخلص منه عن طريق
المصارف قد يؤدي إلى فقدان التربة لبعض الأملاح المفيدة للنباتات .
ويظهر تأثير هذا الماء بوضوح في المناطق الرطبة حيث يقوم بعملية
الغسل والترسيب . وهذا الماء هو الذى تتكون منه الطبقة المائية الجوفية
حيث يصادف طبقة صماء تحول دون تسربه إلى أسفل .

خامسا — الكائنات الحية :

أن العلاقة بين التربة والكائنات الحية علاقه متبادله بمعنى أن كلا
منهما يعتمد على الآخر ، حتى أن موضوع التربة يدرس غالبا ضمن موضوع
الجغرافيا الحيوية .

وينتوقف الدور الذى تؤديه الكائنات الحية في تكوين التربة على نوع هذه
الكائنات ، فالدور الذى تؤديه الكائنات المجهرية والحشرات مثل الديدان
يختلف اختلافا تاما عن الدور الذى تؤديه الدواب بمختلف أنواعها بما فيها
الإنسان والحيوانات المفترسة أو الذى تؤديه الطيور والزواحف وغيرها .

ويعتبر الغطاء النباتى بالذات أهم العوامل الحيوية التى تتدخل في تكوين
التربة ، لأنه يؤثر فيها ويتدخل في تكوينها بطرق عديدة منها :

١ — أنه يقلل من الإشعاع الشمسى الواصل إليها فيقلل من درجة حرارتها
أثناء النهار ، ويحفظ حرارتها أثناء الليل فيقلل من المدى الحرارى اليومى
لها .

- ٢ — أنه يساعد على ضياع مياهها عن طريق النتح ولو أنه يقلل من ناحية أخرى من التبخر المباشر لمياهها .
- ٣ — أن جذور النباتات تعمل على تفكيك التربة وزيادة نفاذيتها وتهويتها .
- ٤ — أن النباتات تستخدم أشعة الشمس في عمليات التمثيل الكلوروفيل ، وتحول بعض عناصر الهواء بطريقة كيميائية إلى عناصر جديدة تنتقل من النبات إلى التربة ومنها بعض المركبات النباتية المهمة مثل الجلوكوز والنشويات والسليلوز وبعض السكريات ، وتختلط هذه المركبات بالتربة نتيجة لتراكم بقايا النباتات عليها واختلاطها بها .
- ٥ — أنها تساهم في نقل المواد المعدنية وأسيا في التربة لأنها تمتص الأملاح والمواد المعدنية بواسطة الجذور من أعماق متباعدة وترتكها على السطح مع البقايا النباتية .
- ٦ — تساهم بعض الأشكال النباتية في تكوين أنواع معينة من التربة مثل تربة التشرنوزيم التي تتكون عادة في مناطق الاستبس وتربة البودزول الحمضية في مناطق الغابات الرطبة ذات الصرف الرديء .
- ٧ — أن الغطاء النباتي يحمي التربة من الانجراف على جوانب المنحدرات .
- ٨ — أن كثرة الكائنات الحية الدقيقة ، مثل الطحالب في التربة تساعد على تحليل المادة العضوية وتحويلها إلى دبال وإلى عناصر غذائية مختلفة يستفيد بها النبات .

وتوجد من هذه الكائنات أنواع متباعدة في صفاتها ومناطق تكاثرها وآثارها ومن أهمها :

- أ — الطحالب الأرضية التي تعيش عند سطح التربة والتي تكثر بها مادة الكلوروفيل ، وتساعد على تثبيت بعض الأزوت في التربة عندما تكون مبللة ومعرضة للشمس .
- ب — الفطريات وهي تتميز عن الطحالب بخلوها من الكلوروفيل وبعدم مقدرتها على تثبيت أزوت الهواء .

ج- البكتريا وهى من أكثر الكائنات الدقيقة انتشارا وهى تساعد على عدة عمليات كيميائية فى التربة مثل تثبيت النيتروجين والتأزت وتأكسد الكبريت .

د- الأشنيات وهى أحياء نباتية دقيقة جدا بين الطحالب والفطريات وتتميز بمقدرتها على الحياة على سطح الصخور الجرداء بسبب قدرتها على الاستفادة من أى غشاء مائى دقيق وعلى امتصاص غذائها من بعض معادن الصخور غير المتحللة وعلى امتصاص بعض الأزوت من الهواء . وهى تمثل البداية الأولى للحياة النباتية على سطح الصخور العارية ، كما تعتبر من العوامل الأولى لتكوين التربة عليها .

نسيج التربة وتركيبها : Soil texture and Soil structure

المقصود بنسيج التربة هو حجم الحبات التى تتكون منها ، أما تركيبها فيقصد به الطريقة التى تتكثل بها هذه الحبات والأشكال التى تأخذها الكتل المكونة منها .

ويتدرج نسيج التربة على حسب حجم الحبات من قطع الأحجار المهمشة إلى الحصى والحصى ثم الرمال بمختلف أحجامها (خشنة — متوسطة — ناعمة — ناعمة جدا) ثم الغرين « Silt » ثم الصلصال . وليست هناك حدود دقيقة لحجم الحبات التى يتكون منها نسيج التربة ومع ذلك فإن هناك حدودا تقريبية يمكن أن يحدد بها هذا النسيج على أساس قطر الحبات المكونة لها كما يأتي^(١) .

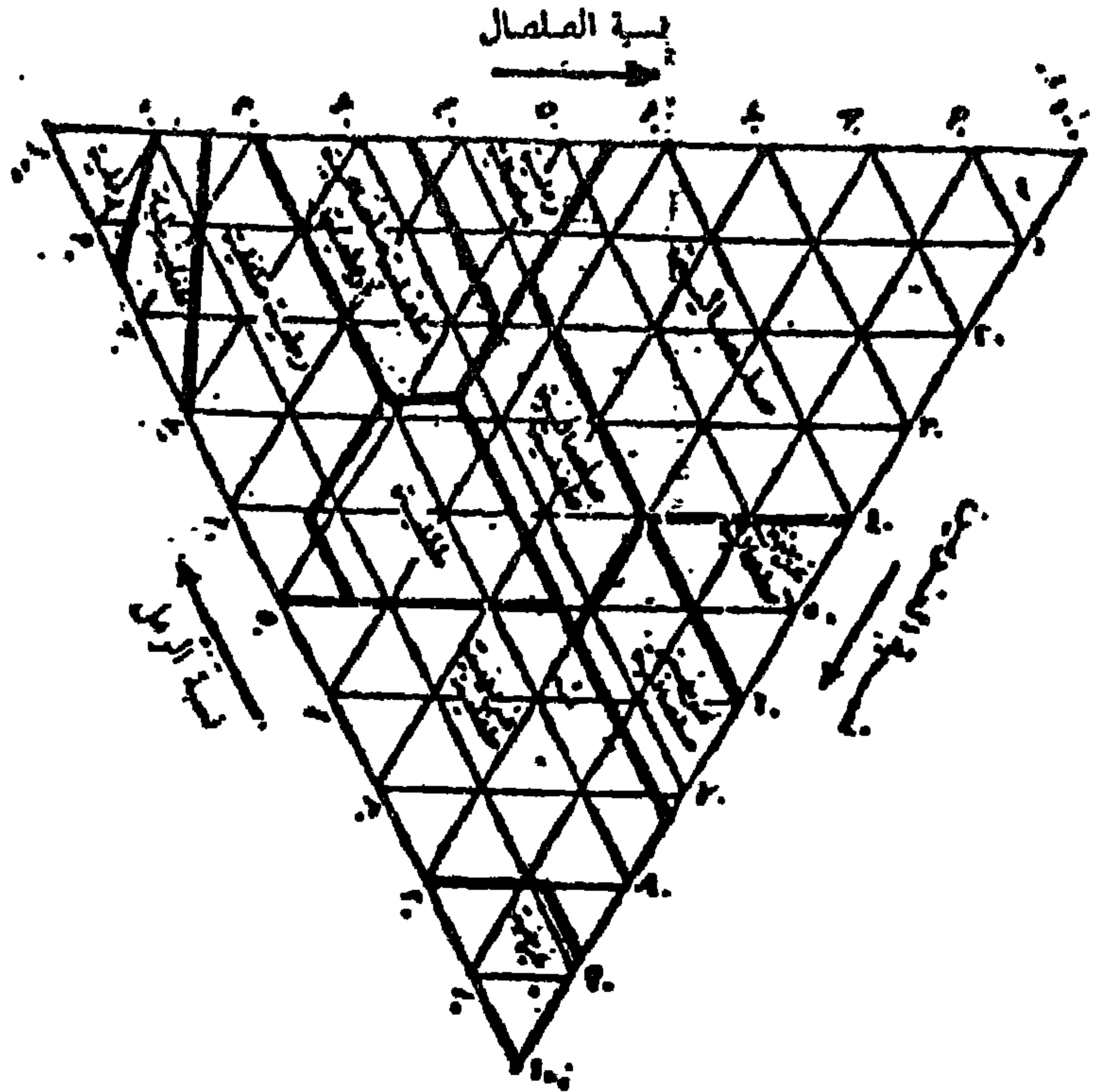
صلصال Clay — قطر الحبة ٠,٠٠٢ من المليمتر .

غرين Silt — قطر الحبة من ٠,٠٠٢ إلى ٠,٠٥ من المليمتر .

رمل Sand — قطر الحبة من ٠,٠٥ إلى مليمترين .

أحجار ، وحصى وحصى « Grit » — قطر الحبة أكبر من مليمترين .

ولكن يندر أن تكون التربة مكونة من نوع واحد من هذه المواد ، والغالب



شكل (١٠٩) مثلث نسيج التربة

هو أنها تكون مكونة من خليط من حبات مختلفة الأحجام . ويحدد نوع التربة على أساس نسبة المواد التي يتكون منها النسيج فإذا كان النسيج مكونا من خليط من الرمل والغرين والصلصال فإن أنواع التربة يمكن أن ترتب على أساس تزايد نسبة الصلصال والغرين بها كما يأتي : رملية — رملية طفلية — غرينية طفلية — صلصالية طفلية — صلصالية (شكل ١٠٩)

وتعتبر الحبيبات الصلصالية أدق الحبيبات التي يمكن رؤيتها في نسيج التربة سواء بالعين المجردة أو بالمجهر ، ولكن هناك فضلا عن ذلك ذرات بالغة الدقة لا يمكن رؤيتها ولكنها تظهر بشكل مادة غروية « Colloidal » تساعد على تماسك حبات التربة وحبيباتها . ويوصف نسيج التربة بأنه ناعم أو خشن على أساس حجم الحبات والحبيبات التي يتكون منها ، وكلما كان النسيج ناعما أى

(١) هذه هي الحدود التي وضعها مكتب الكيمياء والتربة في الولايات المتحدة راجع United States Bureau of Chemistry and Soils « Soil and Man » Yearbook of Agriculture 1938 U. S. P.

كانت حبيباته دقيقة ساعد ذلك جذور النباتات على أن تستمد غذاءها من سطح أوسع لأن مجموع سطح الحبيبات في التربة الناعمة يكون أكبر منه في التربة الخشنة . والمعروف أن النباتات تستمد غذاءها من هذه السطوح ، وقد قدر مثلا أن الرطل الواحد من المواد الغروية يمكن أن يغطي مساحة قدرها خمسة أفدنة لو أنه نشر على سطح مستو .

والمألوف في التربة هو أن الحبات والحبيبات لا توجد متفرقة ولكنها تتكتل مع بعضها لتكون منها مجموعات مختلفة الأشكال والأحجام . والنظام الذي تتكتل به الحبات هو مايعبر عنه باسم تركيب التربة أو بنائها Soil « Structure » وتأخذ الحبات في تكتلها أشكالا معروفة فمنها مايتكتل في مجموعات تأخذ أشكال قطع الصخور المهشمة أو الشظايا ذات الزوايا المحددة ، ومنها ما يأخذ أشكالا كروية أو يضاوية أو منشورية أو شكل الضفائر أو البلاط .

وقد يوصف تركيب التربة بأنه جيد أو رديء على حسب درجة ملائمة نمو النباتات ، وترتبط جودة التركيب بعوامل مختلفة من أهمها وجود مواد تساعد حبات التربة على الالتصاق والتكتل . وأفضل المواد لهذا الغرض هي المواد التي تحتوي على غذاء عضوى أو معدنى مثل الدبال « Humus » والكالسيوم والبوتاسيوم والمنجنيز . كما أن نسيج التربة نفسه له دخل كبير في خلق التركيب المناسب . وتعتبر التربة الغرينية والصلصالية من أكثر أنواع التربة ملائمة لإيجاد التركيب الجيد بسبب كثرة ما بها من مواد غروية .

ولئن كان التوازن الكيميائى في تكوين التربة مهم لرفع قيمتها الإنتاجية فإن نسيج التربة وتركيبها يعتبران كذلك من الصفات المهمة التى يجب مراعاتها عند بحث هذه القيمة ، وهما يسيران جنبا إلى جنب ولا يمكن أن يستغنى بأحدهما عن الآخر ، فلا يكفى مثلا أن يكون نسيج التربة ناعما مثل الصلصال أو الغرين دون أن يكون تركيبها جيدا لأنها تكون في هذه الحالة صماء وغير ملائمة لتسرب الماء أو الهواء بين حباتها ، كما يكون نفاذ جذور النباتات فيها

صعبا . ولكن الذى يحدث غالبا هو أن تأخذ مثل هذه التربة تركيبا ملائما حيث تتحد حبيبات الغرين والصفيصال مع بعضها لتكون منها حبات كبيرة نسبيا تبدو كل منها وكأنها حبة أصلية مستقلة ، وهذا يسمح للهواء والماء بالتسرب فيها . وقد يحدث أن تعود هذه الحبات الكبيرة نسبيا فتتجمع مع بعضها لتكون منها مجتمعات أكبر حجما مما يؤدي إلى اتساع الفراغات التي تفصل بعضها عن بعض مما يسهل تهويتها .

القطاع الرأسى للتربة Soil Profile :

المقصود بالقطاع الرأسى للتربة هو القطاع الذى يبين الطبقات المكونة لها ، وهى الطبقات التى يمكن ملاحظتها فى كثير من الأحيان على جوانب الوديان والآبار والخفر العميقة . والمعتاد هو أن تكون التربة مكونة من عدد من الطبقات « Horizons » التى قد يكون من السهل تمييز بعضها عن بعض على أساس اللون أو التركيب أو النسيج . وهناك ثلاث طبقات رئيسية تكون غالبا موجودة فى معظم أنواع التربة ، ويرمز لكل طبقة منها بحرف كبير « Capital » من حروف الهجاء . وهذه الطبقات من أعلى إلى أسفل هى : الطبقات C,B,A . كما أن كل طبقة منها قد تكون مكونة من عدة طبقات أصغر .

وتتميز كل طبقة من الطبقات الرئيسية بصفات خاصة بها ، فالطبقة (A) تحتوى عموما على أكبر نسبة من المواد العضوية والكائنات الميكروسكوبية المتحللة (الدبال) . وهذه هى الطبقة التى تنمو فيها المحاصيل الزراعية ، كما أنها هى التى تتعرض دائما لعمليات التصفية وتشمل عملية ذوبان الأملاح وتسربها مع المياه إلى الطبقة التى تحتها Leaching ، وعملية إزاحة المواد الناعمة منها بواسطة المياه إلى الطبقة التى تحتها Eluviation . وتكون هاتان العمليتان نشطتين بصفة خاصة فى المناطق الرطبة .

أما الطبقة الثانية (B) فتختلف عن الطبقة الأولى فى النسيج والتركيب

واللون ، وفي هذه الطبقة تتجمع معظم الأملاح والمواد الناعمة التي تحملها المياه إليها من الطبقة الأولى ، وقد تكون هذه المواد في بعض الأحيان كثيرة بدرجة تؤدي إلى تماسكها وجعلها صماء غير مسامية . وهي عادة خالية من الدبال .

وتتكون التربة بمعناها الدقيق من الطبقتين السابقتين ، وهما تتركزان على الطبقة الثالثة (C) التي تتكون من المواد الصخرية الأصلية التي استمدت منها التربة ، والتي قد تكون عبارة عن طبقة من المواد الصخرية المفككة أو المتماصة ، أو عبارة عن القاعدة الصخرية الصلبة نفسها ، وهي غالبا ماتكون خالية من أى مظهر من مظاهر التطور المعروفة في التربة .

ولكن لا يشترط أن تكون الطبقات الثلاث ممثلة كلها في قطاع التربة ، ففي بعض الأحيان تكون الطبقة (A) مرتكزة فوق الطبقة (C) مباشرة ، كما يحدث كثيرا في الأقاليم الجافة وشبه الجافة .

سمك التربة أو عمقها Soil Depth :

تخضع التربة أثناء تكوينها وتطورها لتأثير عاملين كبيرين يتعارض نشاط أحدهما مع نشاط الآخر وهما عامل البناء وعامل الهدم. والإزالة ، فبينما يؤدي العامل الأول باستمرار إلى تكوين التربة نتيجة للتغيرات التي تطرأ على المواد التي تحتها فإن العامل الثاني يؤدي باستمرار إلى نحتها وإزالتها وتصفية ما بها من أملاح و مواد ناعمة وخصوصا في طبقتها السطحية .

ويتوقف نمو التربة وازدياد سمكها على الفرق بين نشاط هذين العاملين ، ويكون عامل البناء غالبا أنشط في مناطق السهول المستوية من عامل الهدم مما يترتب عليه ازدياد سمك التربة بحيث يصل أحيانا إلى عدة أمتار، أما في المناطق المنحدرة أو الموجة فإن سرعة بناء التربة تكون في كثير من الأحيان مساوية لسرعة إزالتها ، ويترتب على ذلك أن تظل التربة رقيقة جدا ، بل وربما تختفى تماما بحيث تبدو القاعدة الصخرية مكشوفة .

نضوج التربة Maturity of the Soil :

يطلق تعبير التربة الناضجة على التربة التي أكملت تكوينها وأصبحت تتمثل فيها الصفات العامة التي اكتسبتها خلال مراحل تكوينها وتطورها الطبيعي الذي يحدث عادة ببطء شديد ، ولكي يتم هذا النضوج يجب أن تبقى المواد الرسوبية الأساسية المكونة لها في نفس مكانها زمنا طويلا ، وألا تطرا عليها خلال هذا الزمن تغيرات مهمة ، نتيجة لجرفها أو لإضافة رواسب جديدة بكميات كبيرة إليها ، أو نتيجة لحدوث تغيرات كبيرة في الأمطار ونظام تصريف المياه ، وعلى أساس مراحل التكوين والتطور تقسم التربة أحيانا إلى ثلاث درجات هي : التربة الناشئة أو المتغيرة وهي التي مازالت في بداية تكوينها ، ثم التربة الحديثة أو غير الناضجة ، ثم التربة الناضجة .

وتوجد التربة الناضجة عادة في المناطق ذات الصرف الجيد ومن مميزات أن قطاعها يكون مكتملا أو ناضجا ومنتظما نتيجة لتطورها البطيء في بيئة طبيعية ملائمة . وأصلح الأراضي لحدوث هذا التطور هي الأراضي التي لا يكون استوائها شديدا بدرجة تؤدي إلى تراكم المياه فوقها أو يكون انحدارها شديدا بدرجة تؤدي إلى جرف التربة باستمرار . ففي مثل هذه الأراضي يمكن أن تتطور التربة تحت تأثير العوامل المناخية والنباتات الطبيعية ، كما تنشط فيها التفاعلات البكتريولوجية اللازمة لتحلل المواد العضوية فيها ، وينعكس أثر ذلك في الطبقات التي يتكون منها قطاعها .

ويطلق تعبير القطاع الناضج « Mature Profile » على القطاع النهائي الذي تصل إليه التربة التي تطورت في موضعها تطورا مطردا حتى وصلت إلى النضوج . وهذا القطاع يظل ثابتا بعد ذلك ولا يتغير بمرور الوقت .

ويلاحظ أن قطاع التربة لا يكون مكتملا غالبا في المناطق التي تتجمع فيها رواسب جديدة باستمرار مثل السهول الفيضية لوديان الأنهار ، لأن التربة لا تكون في هذه الحالة خاضعة لعوامل التطور العادية التي تساعد على اكتمال

قطاعها ، بل تكون متأثرة بصفة خاصة بالمواد الأصلية الجديدة التى كونتها
وبدرجة انحدار سطح الأرض . ومثل هذه التربة يكون لها قطاعها الخاص
الذى تفرضه ظروفها .

تصنيف التربة وأقسامها الكبرى :

ليس هناك تقسيم واحد تميز فيه أنواع التربة عن بعضها ، لأن تباين صفاتها
من حيث النسيج والتركيب واللون ودرجة النضوج ودرجة الخصوبة وتباين
ظروف تكوينها وتوزيعها ، بالإضافة إلى تباين الأغراض التى يوضع التقسيم من
أجلها ، كل ذلك قد فتح المجال لظهور تقسيمات عديدة مبنية على أسس
مختلفة ، ومن أشهر الأسس التى استخدمت لهذا الغرض ما يأتى :

١ - المواد الصخرية التى تتكون منها .

٢ - اللون السائد فيها .

٣ - الأقاليم المناخية والنباتية التى نشأت فيها ، ويشتهر التقسيم الذى يعتمد
على هذا الأساس باسم التصنيف الإقليمي المناخى The Zonal
Classification (أو التقسيم النطاقى)

تصنيف التربة على أساس موادها الصخرية :

كان تصنيف التربة على هذا الأساس هو السائد حتى بداية القرن الحالى .
وكانت تدخل فيه أنواع الرواسب نفسها والعوامل الطبيعية التى أدت إلى
تكوينها وتراكمها سواء فى نفس مكانها أو بعد نقلها إلى أماكن أخرى ، فكانت
التربة تقسم إلى أنواع مثل التربة الفيضية والتربة البركانية والتربة الجليدية
والتربة الجيرية أو الرملية أو الصلصالية . كما كانت كل هذه الأنواع تقسم على
أساس علاقتها بالصخور التى تحتها إلى مجموعتين كبيرتين هما :

أ - مجموعة التربات المنقولة Transported التى تكونت من مواد رسوبية
منقولة من أماكن أخرى غير الأماكن التى توجد فيها ، ومنها معظم

أنواع التربة الفيضية والجليدية والهوائية . وهى غالبا ماتكون مرتكزة على قاعدة صخرية مختلفة فى تركيبها عنها .

ب — مجموعة التربات الموضعية « Residual » وهى التى نشأت من تجوية الصخور التى توجد تحتها مباشرة .

وعلى الرغم من أن هذا التصنيف لم يعد مقبولا كأساس لتقسيم شامل للتربة فى العالم ، فإنه مازال مفيدا للدراسة فى مناطق محددة . لأن معرفة نوع الصخر الذى استمدت منه التربة « Parent rock » والعوامل التى أدت إلى تجويته ونقل الرواسب الناتجة من هذه التجوية تساعد من غير شك على فهم الكثير من خواص التربة وخصائصها من حيث النسيج والتركيب ونوع المواد المعدنية والأملاح التى توجد بها ودرجة خصوبتها وغير ذلك من الخواص . فالتربة التى تنشأ من تجوية الجرانيت مثلا (وهو صخر ناري حمضى) تكون معظم موادها الصخرية عبارة عن رمال كوارتزيت وبعض الصلصال ، كما تكون محتوية على نسبة عالية من كربونات البوتاسيوم والمغنسيوم ، أما التربة التى تنشأ من تجوية البازلت ، وهو كذلك صخر ناري ولكنه قاعدى فتكون معظم موادها الصخرية عبارة عن صلصال ، ومعه نفس أنواع المعادن التى تنشأ من تجوية الجرانيت ، ومثل هذا يمكن أن يقال عن المواد المتخلفة من تجوية الصخور الرسوبية والمتحولة بأنواعها المختلفة ، فكل منها ينتج موادا لها صفات خاصة به وصفات مشتركة مع المواد الناتجة من تجوية غيره من الصخور .

تصنيف التربة حسب اللون السائد فيها :

إن لون التربة فى حد ذاته ليست له قيمة كبيرة فى تقدير أهميتها ولكنه يمكن أن يتخذ مع ذلك دليلا مساعدا على معرفة بعض صفاتها الرئيسية . وعند دراسة الأنواع الكبرى للتربة سنجد أنه من الممكن تقسيمها على أساس اللون إلى أقسام كثيرة أشهرها التربة السوداء « Black Soil » والتربة البنية الكستنائية

« Chestnut Brown » (أو البنية الداكنة) ، والتربة البنية ، والبنية الرمادية
« Gray Brown » ، والحمراء ، والصفراء ، والرمادية .

والتربة السوداء والتربة الكستنائية (البنية الداكنة) هما في أغلب الأحوال
أعظم أنواع التربة خصوبة ، ويرجع اللون الأسود أو البني الداكن للتربة إلى
وجود نسبة عالية من المواد العضوية المتحللة بها ووجود كميات متوفرة من
العناصر الكيميائية ووجود تركيب ملائم ، ولكن يجب أن نتنبه إلى أن اللون
الأسود أو البني الداكن قد لا يكون سببه هو وفرة المواد العضوية المتحللة بل
ربما يكون راجعا إلى وجود مادة معدنية خاصة أو إلى رداءة الصرف في الأقاليم
الرطبة .

أما التربة الحمراء أو البنية المائلة للاحمرار فتكون غالبا أقل خصوبة من
التربة السوداء أو التربة الكستنائية ،.. ويرجع لونها إلى وجود بعض أكاسيد
الحديد غير المائية . وتتكون هذه الأكاسيد بصفة خاصة في المناطق ذات
الصرف الجيد في الأقاليم المدارية وشبه المدارية التي يتشرب فيها هذا النوع من
التربة انتشارا واسعا .

أما التربة الصفراء فالمعتقد هو أن لونها هذا يرجع إلى وجود أكاسيد الحديد
مائية « Hydrated Iron Oxides » بها . وتتكون هذه الأكاسيد نتيجة لارتباط
الأكاسيد بالماء . ولذلك فإن هذه التربة تظهر غالبا في المناطق ذات الصرف
الردىء أو التي كانت ذات صرف ردىء في وقت من الأوقات . وهي لا تعتبر
بصفة عامة من أنواع التربة الخصبة .

والتربات ذات الألوان الفاتحة سواء منها التربة الصفراء أو الرمادية أو
البيضاء لاتعد من التربات الملائمة للإنتاج الزراعى الناجح إلا بالنسبة لبعض
المحاصيل الخاصة ، ويرجع اللون الرمادى في الغالب إلى فقر التربة في

الأكسوجين وفي المواد العضوية والحديدية ، ومن أمثلتها التربة الموجودة في مناطق الغابات في شمال كندا وسييريا ، حيث أدت كثرة الأمطار مع برودة الجو إلى تصنيفها تماما تقريبا من المواد الحديدية والعضوية . وتنتشر التربة الفاتحة كذلك في المناطق الصحراوية بسبب فقرها في المواد العضوية ، كما أن تجمع المواد الجيرية وبعض الأملاح القلوية قد يؤدي أحيانا إلى إزدياد اللون الفاتح في التربة لدرجة أنها تبدو بيضاء في بعض الأماكن . والتربة البيضاء هي أقل أنواع التربة خصوبة .

التصنيف الأقليمي المناخي (النطائي) The Zonal Classification

يعتبر تصنيف التربة على أساس الأقاليم المناخية وماتميز به من حياة نباتية طبيعية خاصة من أحدث التصنيفات العامة . وهو كذلك من أكثر التصنيفات استخداما في الوقت الحاضر . وقد كان الباحث الروسي جلينكا « Glinka »^(١) من أول الباحثين الذين وجهوا النظر إلى وجود علاقة قوية بين توزيع الأنواع الرئيسية للتربة وبين الأقاليم المناخية ، فقد لاحظ في أوروبا مثلا أن تربة البودزول « Podzol » تمتد في شمال القارة في نطاق يتفق مع نطاق المناخ البارد الرطب نسيا ، الذي تسود فيه الغابات الصنوبرية ، وأنه إلى الجنوب من ذلك يمتد نطاق آخر تسود فيه التربة البنية ، وهو مناخ دافئ في فصل الصيف وتتكون نباتاته الطبيعية من غابات نفضية . ثم إلى الجنوب من ذلك توجد التربة السوداء المعروفة باسم تشرنوزيم « Chernozem » في مناطق الحشائش (الاستبس) التي يسودها مناخ شبه جاف شديد الحرارة في فصل الصيف .

وفي نفس الوقت الذي لاحظ جلينكا : وجود علاقة قوية بين توزيع التربة في أوروبا وبين الأقاليم المناخية بها لاحظ بعض الباحثين في أمريكا أن نفس العلاقة تقريبا موجودة بين أنواع التربة الرئيسية في هذه القارة وبين

(١) Glinka, K. D., The Great Soil Groups of the World and their Development, Translated by Marbut Edwards Brothers, 1927.

النطاقات المناخية بها . وبعد ذلك تبين أن علاقات مشابهة موجودة كذلك في جهات أخرى من العالم ، ولذلك فقد أصبح من المتفق عليه تقريبا أن تصنيف التربة على أساس المناخ أفضل من تصنيفها على أساس نوع الصخر الأصلي أو اللون .

والواقع أن تأثير المناخ على عمليات تكوين التربة وتطورها Pedological « Processes » يظهر بوضوح في نواح كثيرة ، فالمناخ هو الذى يتحكم في تجوية الصخور وفي عمليات الإذابة والتصفية وفي عمليات تحلل المواد العضوية وفي كثير من العمليات الجيومورفولوجية التى تؤدي إلى جرف التربة أو نقلها وترسيبها وهكذا .

وفيما يلي وصف لأهم صفات التربة السائدة في بعض الأنواع المناخية الرئيسية وهى : ١ - الأقاليم الرطبة ، ٢ - الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، ٣ - الأقاليم القطبية .

أولا - تربات الأقاليم الرطبة :

تتشترك تربات هذه الأقاليم في أنها خالية تقريبا من المواد الجيرية ، ولكنها غنية من ناحية أخرى ببعض المواد المعدنية ، خصوصا أكاسيد الحديد والألومينيوم ، ولذلك فإن هذه التربات تشتهر في مجموعها باسم البيدالفرز Pedalfers . وتعتبر مناطق الغابات من أهم المناطق التى تتكون فيها هذه التربات . وهى في غالب الأحيان ذات حموضة مرتفعة وعلى درجة منخفضة نسبيا من الخصوبة . خصوصا وأن كثرة الأمطار لا تؤدي إلى تصفيتها من الجير فحسب بل إلى تصفيتها كذلك من أملاح البوتاس والفوسفات ومركبات النترات ، وكلها مواد لازمة للإنتاج الزراعى . ولكن على الرغم من أن هذه التربات تشترك في مثل هذه الصفات العامة فإن هناك اختلافا بين بعضها وبعض على حسب العوامل المحلية التى تتدخل في تكوينها خصوصا ما يتعلق منها بدرجة الحرارة ، فالتربة التى تتكون في الأقاليم الرطبة الحارة أو الدافئة تكون مختلفة من نواح جوهرية عن التربة التى تتكون في المناطق الرطبة الباردة .

ففى الأقاليم الحارة تساعد كثرة الأمطار وارتفاع درجة الحرارة على سرعة التفاعلات الكيميائية وعلى بهرعة تحليل المواد العضوية ، ولكن كثرة المياه المتسربة فى التربة تساعد من ناحية أخرى على تصفيتها « Leaching » من المواد العضوية المتحللة ومن الأملاح المعدنية القابلة للذوبان ، ويترتب على ذلك ظهور نوع فقير من التربة هو تربة اللاتيريت « Laterite » ، وهى تربة غنية جدا بأكاسيد الحديد والألومنيوم ، وفقيرة فى الجير والأملاح القابلة للذوبان مثل أملاح الفوسفات والبوتاس والتترات ، كما أنها فقيرة كذلك فى المواد الدبالية « Humus » أى العضوية المتحللة تحللا تاما . واللون المشهور لهذه التربة هو اللون الأحمر أو البنى بسبب كثرة أكاسيد الحديد التى قد تكون فى بعض الأحيان كثيرة بدرجة يمكن معها استغلال هذه التربة كخام من خامات الحديد . وتعتبر تربة اللاتيريت من التربات غير الخصبة بسبب فقرها فى المواد اللازمة لغذاء النبات إلا أن ضعف الخصوبة تعوضه إلى حد ما ملائمة الظروف المناخية التى تساعد على النمو ، ولذلك فإنها تنتج رغم فقرها إنتاجا طيبا من بعض المحاصيل الزراعية مثل الموز والكافور ونخيل الزيت والتوابل . ولقد كانت نفس هذه الظروف هى السبب فى نمو الغابات الكثيفة التى تتميز بها مناطق هذه التربة .

وقد أزيلت هذه الغابات من بعض المناطق وحل محلها الإنتاج الزراعى ، ويقوم الزراع الوطنيون فى المناطق المدارية الرطبة بتطهير بقع معينة من أراضي الغابات لاستغلالها فى زراعة محاصيلهم الغذائية ، ولكن سرعان ما تفقد هذه البقع الأملاح المعدنية اللازمة لغذاء النبات بسبب كثرة الأمطار وارتفاع درجة الحرارة وهما عاملان يساعدان على سرعة التجوية الكيميائية . ولهذا السبب فإن هؤلاء الزراع يتبعون عادة أسلوب الزراعة المتقلة .

وتربة اللاتيريت بمعناها الدقيق ، وهى التى تكون قد وصلت إلى آخر مراحل تطورها ، قليلة الوجود ، وبالغالب هو وجود أنواع متباينة فيما بينها فى درجة تحولها إلى اللاتيريت الحقيقى . ويمكن أن نطلق عليها عموما اسم التربات

شبه اللاتيريتية Lateritic Soils . وفضلا عن ذلك فقد تختلف التربات شبه اللاتيريتية فيما بينها على حسب الاختلاف في نوع الصخور الأصلية التي استمدت منها والاختلاف في الظروف المحلية خصوصا مايتعلق منها بمظاهر السطح والمناخ . وبالإضافة إلى الأقاليم المدارية المطيرة فإن بعض أنواع التربات شبه اللاتيريتية تنتشر في بعض الأقاليم شبه المدارية حيث تكون الأمطار أقل انتظاما ودرجة الحرارة أقل نوعا ما ، ولو في فصل من الفصول ، عنها في مناطق الغابات المدارية المطيرة ، ففي هذه الأقاليم تظهر أنواع التربة الحمراء أو الصفراء التي تتميز بنفس الصفات العامة التي تتميز بها التربات اللاتيريتية وشبه اللاتيريتية في مناطق الغابات المدارية المطيرة ، فهي مثلها فقيرة في الجير والديبال وأملاح الفسفات والبوتاس والنترات ، ولكنها لا تكون على أى حال مصفاة بدرجة تلك التربات بسبب الفرق في كمية المطر وتوزيعه .

أما في الأقاليم الرطبة المعتدلة الباردة أو الباردة فإن عمليات تكوين التربة تختلف عنها في الأقاليم الحارة من نواح أساسية، ففي هذه الأقاليم تتعفن المواد العضوية وتحلل يبطء بسبب انخفاض درجة الحرارة الذي يؤدي إلى ضعف نشاط البكتريا . ويترتب على ذلك تراكمها على السطح كما يحدث مثلا في مناطق الغابات القرية من الدائرة القطبية حيث تتراكم على أرض الغابة كميات كبيرة من كيزان الصنوبر وبذوره وغير ذلك من البقايا النباتية التي تتكون منها طبقة يزداد سمكها بالتدريج ، وتتسرب المياه الحمضية خلال التربة العليا حاملة معها مركبات الحديد والألومنيوم وبعض المواد العضوية التي تتجمع كلها في التربة السفلى ، وينتج عن كل هذه العمليات تربة حمضية فقيرة تشتهر باسم تربة « البودزول Podzol » ويطلق على عمليات تكوينها تعبير « عمليات التحول البودزولي Podzolization » ، وهي تربة فقيرة جدا في الجير الذي تعمل المياه الحمضية على إذابته وتصفيته باستمرار ، كما تكون طبقتها العليا مصفاة كذلك من مركبات الحديد والألومنيوم . وأحسن مثال للبودزول هو التربة الرمادية التي تغطي نطاقات واسعة في إقليم الغابات الصنوبرية في شمال أوروبا

وآسيا وأمريكا الشمالية ، والواقع أن كلمة بودزول هي التسمية الروسية لهذه التربة الرمادية . وبالإضافة إلى تربة البودزول المثالية توجد تربات تنتمي إلى نفس النوع ولكنها لم تصل في تطورها إلى درجة النوع المثالي ، ويطلق عليها عموما اسم التربات شبه البودزولية . ومن أمثلتها التربات الرمادية البنية Gray « brown Soils » التي تغطي في الولايات المتحدة نطاقا واسعا يمتد إلى الشمال من الأراضي الحمراء والصفراء الموجودة في نطاق القطن في الجنوب حتى . نطاق البودزول في القسم الأعلى من إقليم البحيرات في الشمال ، والتربة الرمادية البنية التي تغطي كذلك مناطق واسعة في شمال غرب أوروبا .

ثانيا - تربات الأقاليم الجافة وشبه الجافة :

تمتد هذه الأقاليم في نطاقات عظيمة الاتساع في العروض المدارية والمعتدلة ، وهي تشمل كل مناطق الحشائش والصحارى . وأهم مميزاتها المناخية هي قلة الأمطار . ولذلك فإن عمليات التصفية « Leaching » فيها تكون ضعيفة جدا . أو معدومة ، مما يجعلها دائما غنية بالأملاح ، كما انها تكون كذلك غنية بالجير الذي تساعد الظروف المناخية على تجميعه خصوصا في القطاعات السفلى من التربة . وهذا هو السبب في أنها كثيرا ماتوضع ضمن مجموعة التربات المعروفة باسم بيدوكالز « Pedocals » ، أي التربات الجيرية تميزا لها عن تربات البيدالفر في الأقاليم الرطبة كما سبق أن ذكرنا .

ويميل لون هذه التربات غالبا إلى السواد بسبب كثرة ماها من مواد عضوية متحللة . أو دبال ، ومن أمثلتها التربة السوداء التي تغطي نطاقا عظيم الاتساع في أواسط أمريكا الشمالية . ونطاقا عظيما كذلك في جنوب روسيا ، وهي تربة عميقة وعظيمة الخصوبة ولذلك فقد أصبحت مناطقها هي أعظم مناطق الانتاج الزراعي في العالم ، وخصوصا في إنتاج القمح ، وهي تشتهر في أمريكا باسم الأرض السوداء، وفي روسيا باسم تشرنوزم « Chernozem » ، وحيثما تقل الأمطار نسبيا فإن لون هذه التربة يتحول إلى اللون البني الداكن أو البني ، كما هي الحال في مناطق الرعي الواقعة إلى الغرب مباشرة من نطاق القمح

ونطاق النرة في السهول العظمى بأمريكا الشمالية ، والتربة في هذه المناطق من النوع المعروف باسم التربة الكستنائية البنية « Chestnut Brown Soil » .
وهي أفقر نوعا ما من التربة السوداء في المادة العضوية، ولكنها ذات تركيب جيد، وتتوفر فيها المواد المعدنية اللازمة لغذاء النبات ، كما توجد بها نسبة من الجير ، ومع ذلك فإنها تستغل أساسا للرعى بينما تحتل الزراعة المركز الثاني بسبب عدم كفاية الأمطار لضمان نجاحها في بعض السنين ، والقمح هو أصح محاصيل الحبوب للزراعة في هذه التربة ، ولكن إنتاجه كثيرا ما يتعرض للفشل بسبب الجفاف ، ويوجد في روسيا نطاق كبير من هذه التربة إلى الشرق من نطاق التربة السوداء (تشرنوزم) ، وهو لا يختلف في ظروف استغلاله للزراعة والرعى عن ظروف النطاق المشابه له في أمريكا الشمالية ، وحيثما تتوفر مياه الري في مناطق هذه التربة فإنها تعطى محاصيل غنية جدا .

أما في الصحارى فإن قلة المياه والنباتات الطبيعية تجعل فرصة التجوية الكيميائية ضعيفة جدا ، ولكن التفكك والتفتت الميكانيكي يكون من ناحية أخرى كافيا لتكوين طبقة سطحية دقيقة الحبيبات من المواد الصخرية .
ويحدث هذا التفكك بصفة خاصة نتيجة للتطرف في درجة الحرارة ، ونتيجة لفعل الصقيع . ومن الطبيعي أن تكون نسبة المواد العضوية المتحللة بل وغير المتحللة في التربة منخفضة جدا أو معدومة إلا حيثما يسقط قليل من الأمطار التي تساعد على نمو بعض العشب . وفقر التربة في المواد العضوية المتحللة مع قلة المياه يجعلها مفككة ولا تجد ما يحميها من فعل الرياح التي تذروها باستمرار .
وتربة الصحارى غالبا غنية بالجير وبالأملح القابلة للذوبان ، وحيثما تتوفر مياه الري يكون من الممكن تحويلها إلى حقول زراعية خصوصا لزراعة الخضروات والمقائى ، واللون السائد فيها هو اللون الرمادي gray الفاتح وكلما ازدادت نسبة الجير بها ساعد ذلك على ظهورها بلون مائل للبياض . ولاستغلال مثل هذه التربة يلزم الاعتماد على الأسمدة العضوية المخصبة لتعويض فقرها في المواد العضوية .

ثالثا - تربات الأقاليم القطبية:

في هذه الأقاليم لاتساعد شديدة البرودة عموما على نشاط عمليات تكوين التربة وتطورها ، خصوصا في المناطق الجافة الجرداء من الأقاليم القطبية . ففي هذه المناطق لاتساعد الظروف على نمو النباتات أو تحللها ، أو على حدوث تجوية كيميائية تستحق الذكر . ومع ذلك فإن التجوية الميكانيكية الناشئة عن فعل الصقيع تكون نشطة جدا مما يؤدي إلى سرعة تكسر الصخور وتفتيتها . وما يساعد على زيادة نشاط هذه التجوية أن سطح التربة لا يكون محميا بأي غطاء نباتي ، كما أنه لا يكون كذلك مغطى بأي غطاء جليدي ، لأن قلة رطوبة الهواء لاتساعد على حدوث التكثف اللازم لتكوين هذا الغطاء .

وتتميز التربة في هذه المناطق ، بل وفي المناطق القطبية عموما ، بأن طبقاتها السفلية تكون متجمدة باستمرار حتى عمق قد يصل إلى بضع مئات من الأمتار . وتعرف هذه الظاهرة باسم « بيرمافروست Permafrost » . وهي تساعد على تركيز التجوية الميكانيكية الصقيعية في الطبقة السطحية فقط . وقد أدى ذلك بمرور الزمن إلى تكوين طبقة من الصخور المهشمة والحصى والرمال الخشنة فوق السطح . وعلى الرغم من أن تجوية الصخور تؤدي كذلك إلى تكون بعض الرواسب الناعمة مثل الرمال الدقيقة والأترية ، فإن قوة الرياح في هذه المناطق تؤدي إلى إزالتها بمجرد تكونها ، وهذا يحول بالطبع دون تكون أية تربة ناعمة ، إلا في بعض المواضع القليلة المحمية .

ولكن هذه الحالة تتغير نوعا ما في مناطق التندرا . ففي هذه المناطق ترتفع درجة الحرارة في فصل الصيف فوق درجة التجمد وتسقط بعض الأمطار ، وتنمو نتيجة لذلك حياة نباتية عشبية قد تكون كثيفة نوعا ما . ولهذا الظروف فإن مناطق التندرا تكون في جملتها أكثر ملاءمة لحدوث عمليات تكوين التربة وتطورها من المناطق الجرداء . فوجود النباتات يعمل على حماية التربة في أغلب المناطق ، كما أن ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف يساعد على نشاط بعض

عمليات التجوية الكيميائية وعلى نخل البقايا النباتية والحيوانية ، ولو بدرجة جزئية .

وهنا أيضا نجد أن ظاهرة « اليرمافروست » تظهر بوضوح . ونظرا لكثرة المطر نسبيا فان هذه الظاهرة تؤدي إلى تجمع المياه في التربة السطحية مما يؤدي إلى تكون كثير من المستنقعات وإلى بقاء التربة مبللة لفترات طويلة ويكون الصرف رديئا بصفة عامة ، ولهذا السبب فان التربة تكون غالبا مائلة للحموضة .

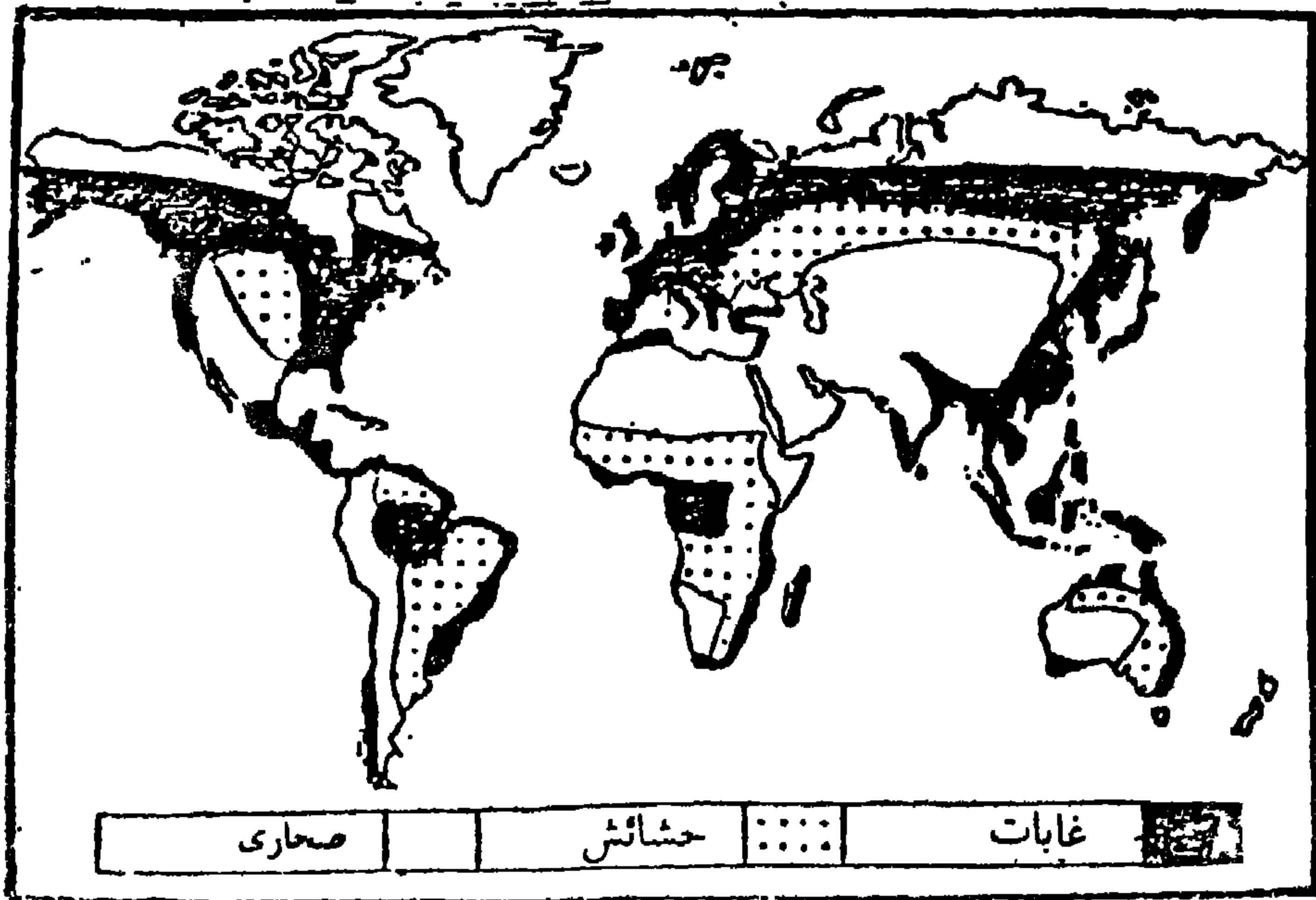
تمهيد :

رغم أن الانسان قد عمده في معظم بقاع العالم إلى إزالة النباتات الطبيعية بمختلف أنواعها سواء لاحتلال الزراعة محلها أو لأي غرض آخر ، فإن الحياة النباتية الطبيعية التي مازالت موجودة فوق سطح الأرض تعتبر رغم قلتها بالنسبة لما كانت عليه من قبل من أهم أن لم تكن هي أهم مورد من موارد الثروة الطبيعية في العالم ، خصوصا إذا أضفنا إليها الحياة الحيوانية التي تعيش فيها أو عليها سواء في ذلك تلك الحيوانات التي استأنسها الانسان على مر العصور واستخدمها لأغراضه الخاصة ، أو تلك التي مازالت تعيش برها في مناطق كثيرة ، أهمها مناطق الغابات والحشائش في العروض المختلفة .

ويمكننا أن ندرك عظم الأهمية الاقتصادية للنباتات الطبيعية إذا تصورنا مثلا مقدار ما يستهلكه العالم يوميا من الأخشاب في أغراض البناء أو صناعة الأثاث ، أو في مد السكك الحديدية وصناعة السفن ، أو في غير ذلك من الأغراض . إن جميع هذه الأخشاب مصدرها الغابات الطبيعية التي تنمو في مناطق معروفة من العالم . وقد بدأت كثير من الدول المتحضرة خصوصا في أوروبا وأمريكا ، تدرك الخطر الذي يهدد بزوال غاباتها الطبيعية ، نتيجة لعظم الطلب عليها من جهة ولطفيان الزراعة عليها من جهة أخرى ، فست لذلك بعض القوانين التي تنظم بمقتضاها استغلال ما تبقى من هذه الغابات ، كما بذلت مجهودات كبيرة لزراعة غابات جديدة لتعويض النقص الناتج عن كثرة الاستهلاك . ويمكننا كذلك أن نتبين الأهمية الكبرى للحياة النباتية الطبيعية إذا عرفنا أن ما يستهلكه العالم من لحوم وجلود وأصواف يأتي معظمه من المناطق ذات المراعى الطبيعية ، التي تربي عليها قطعان كبيرة من الماشية والأغنام ، كما هي الحال في مراعى أوروبا والأمريكتين وإستراليا .

المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية :

بيننا فيما سبق أن المناخ هو العامل الرئيسى الذى يتحكم فى توزيع الحياة النباتية فوق سطح الأرض ، خصوصا وأن التربة نفسها ، وهى من العوامل التى تتدخل كذلك فى حياة النباتات ، تستمد معظم خواصها من الظروف المناخية السائدة ، وتعبر الأمطار أهم عنصر مناخى تتوقف عليه كثافة الحياة النباتية ومظهرها العام ، فعلى فرض عدم الاختلاف فى درجة الحرارة نجد أن النباتات فى الأقاليم المدخلة تكون أعظم كثافة منها فى الأقاليم قليلة المطر أو الجافة ، وعلى هذا الأساس تقسم الحياة النباتية عموما إلى ثلاث مجموعات كبرى ، هى الغابات والحشائش والصحارى (أنظر شكل ١١٠) ، ولكن يلاحظ أن النباتات التى تتألف منها كل مجموعة من هذه المجموعات تتباين فى فصائلها وأنواعها ، وكذلك فى درجة كثافتها من منطقة إلى أخرى تبعا لعوامل أخرى ، أهمها درجة الحرارة وطول فصل النمو والتوزيع الفصلى للأمطار ، وعلى هذا الأساس قسمت كل مجموعة من المجموعات السابقة إلى عدة أنواع ينمو كل منها فى أقاليم تتميز بظروف مناخية خاصة ، كما سنوضح فيما بعد .



شكل (١١٠) توزيع المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية

١٤ - ١ - ١ - الغابات

تتكون الغابات أو مناطق الأشجار « Woodlands » بصفة عامة من نباتات خشبية أهمها الأشجار المرتفعة التي تفصل بينها في كثير من الأحيان شجيرات وأحراج أقصر منها . وعلى أساس حجم الأشجار وتقاربها ودرجة اختلاطها بغيرها من النباتات الصغيرة ، تقسم مناطق الأشجار عادة إلى ثلاثة أنواع هي :

١- الغابات بمعناها الدقيق « Forest » ، وهي التي تكون أشجارها غالبا مستقيمة الجنوع ومرتفعة ومتقاربة جدا بحيث تشابك أجزاؤها العليا ، ٢ - أدغال « Bushwoods » وفيها تكون الأشجار متباعدة نوعا ما ، وتفصل بينها شجيرات وأحراج كثيفة تحول دون تشابك قممها ٣ - الأحراج « Shrubwoods » أو « Scrubs » وفيها تسود الأحراج والشجيرات التي تغطي الأرض بينها بالحشائش ، أما الأشجار الكبيرة فلا تظهر إلا على مسافات متباعدة^(١) ويطلق اسم المناطق الشجرية « Woodlands » على الغابات التي تكون أشجارها غالبا مستقيمة الجنوع ، ومتباعدة نوعا ما .

مناخ الغابات : أهم شرط يجب توفره لنمو الغابات هو وفرة المياه ، لأن الأشجار تحتاج عادة إلى مقادير من المياه أكثر مما يحتاجه أي نوع آخر من النباتات ، والسبب في ذلك هو أن شكل الشجرة وكثرة أغصانها وأوراقها يجعلها تفقد مقادير كبيرة من المياه بواسطة النتح (بالنسبة للمساحة التي يغطيها جذعها) . وليس من شك في أن ارتفاع الأشجار نفسه يساعد كذلك على نشاط عملية النتح لأنه يجعل أجزاءها العليا أكثر تعرضا لحركة الرياح من النباتات القصيرة .

ولكن يلاحظ من ناحية أخرى أن الجذور الطويلة التي تتميز بها الأشجار عموما تجعلها أقدر على استغلال المياه الباطنية ومياه التربة العميقة من النباتات الصغيرة مثل الحشائش^(٢) ، ولهذا فإنها تستطيع مقاومة الجفاف في فصل انقطاع

(١) Finch, C. V. & Trewartha G. T « Physical Elements of Geography » 1949. p. 417

الأمطار ، بشرط أن تظل التربة نفسها محتفظة بمقادير كافية من الرطوبة التى تجمع فيها خلال الفصل المطير ، وذلك بخلاف الحال بالنسبة للحشائش التى تموت غالبا خلال الفصل الجاف ، ثم تعود للظهور بمجرد سقوط الأمطار .

وتستطيع الأشجار أن تنمو فى درجات حرارة مختلفة ، ولكن أنواعها وفصائلها تختلف فى المناطق الحارة عنها فى المناطق المعتدلة أو الباردة . وهناك مع ذلك حد أدنى لدرجة الحرارة التى تستطيع الغابات أن تنمو فيها ، فهى لا يمكن أن تنمو فى الأقاليم الباردة إلا إذا كان هناك فصل دافئ يزيد معدل درجة الحرارة أثناءه عن 6° (صفر النمو) ويرتفع فى شهر واحد على الأقل من شهوره إلى 10° م أو أكثر ، ولهذا فإن الحد الشمالى للغابات فى أوراسيا وأمريكا الشمالية يتفق بصفة عامة مع خط حرارة 10° م لادفأ الشهور .

ولما كان فصل الصيف فى العروض المعتدلة والباردة هو الفصل الذى ينشط فيه نمو النباتات وتشتد أثناءه حاجتها للماء ، فإن المناطق التى تغزر فيها الأمطار صيفا تكون غالبا أصح لنمو الغابات من المناطق التى تسقط أمطارها فى فصل الشتاء إذا كانت درجة الحرارة أثناءه أقل مما يلزم لنمو الأشجار . ويمكننا بناء على هذا أن نلخص الشروط الواجب توفرها لنمو الأشجار بصفة عامة فيما يلى :

- ١ — أمطار غزيرة تسقط طول السنة أو على الأقل خلال فصل النمو .
- ٢ — أن تكون التربة السطحية والسفلية محتوية باستمرار على مقادير كافية من الرطوبة .

- ٣ — أن يكون هناك فصل دافئ يزيد معدل درجة حرارته على 6° م وترتفع فى شهر واحد على الأقل من شهوره إلى 10° م أو أكثر .

أنواع الأشجار : يمكننا أن نميز الأشجار التى تتكون منها الغابات المختلفة فى العالم على أسس مختلفة أهمها :

- أ — موسم سقوط الأوراق : وعلى هذا الأساس يوجد نوعان من

الأشجار ، هما : ١ - الأشجار النفضية وهي التي تسقط كل أوراقها في فصل معين من السنة ، هو عادة فصل البرودة الشديدة أو فصل الجفاف الشديد ، ٢ - الأشجار دائمة الخضرة ، وهي تسقط أوراقها في أى وقت من الأوقات ولكنها لاتسقطها كلها في وقت واحد ، بل إنها تجددتها باستمرار بحيث تبدو دائما خضراء .

ب - شكل الأوراق : فمن الأشجار ماتكون أوراقه إبرية ، كما هي الحال في الأشجار الصنوبرية ، ومنها ماتكون أوراقه عريضة ، كما هي الحال في معظم الأشجار النفضية وبعض الأشجار دائمة الخضرة .

ج - نوع الأخشاب : وعلى هذا الأساس تقسم الأشجار عموما إلى قسمين : هما ١ - أشجار خشبها لين « Softwood » ، وينطبق هذا بصفة عامة على أشجار الغابات الصنوبرية ذات الأوراق الإبرية ، ٢ - أشجار خشبها صلب « Hardwood » وينطبق هذا بصفة عامة على أخشاب الغابات النفضية ومعظم الأشجار التي تنمو في المناطق الحارة .

أشجار خشبها لين		أشجار خشبها صلب	
Pine	الصنوبر	Oak (البلوط (السنديان)	Teak الساج
Fir	الشربين	Beech الزان	Ebony الأبنوس
			الكابلي (الماهو جنى)
Cedar	الأرز	Walnut الجوز	Mahogany
Cypress	السرو	Linden الزيزفون	Gum الصمغ
Hemlock	الشوكران	Chestnut القسطل	Poplar الحور
Larch	لاريس	Sycamore الجيميز	Mable الأسفندان

(١) Klimm, L.E. Starkey, O.P. & Hall, N.F. « Introductory Economic Geography, »

1949 p. 119.

ويجب أن نلاحظ مع ذلك أن هذا التقسيم عام جدا ، وذلك لعدم وجود تحديد دقيق للأخشاب النينة أو الأخشاب الصلبة .

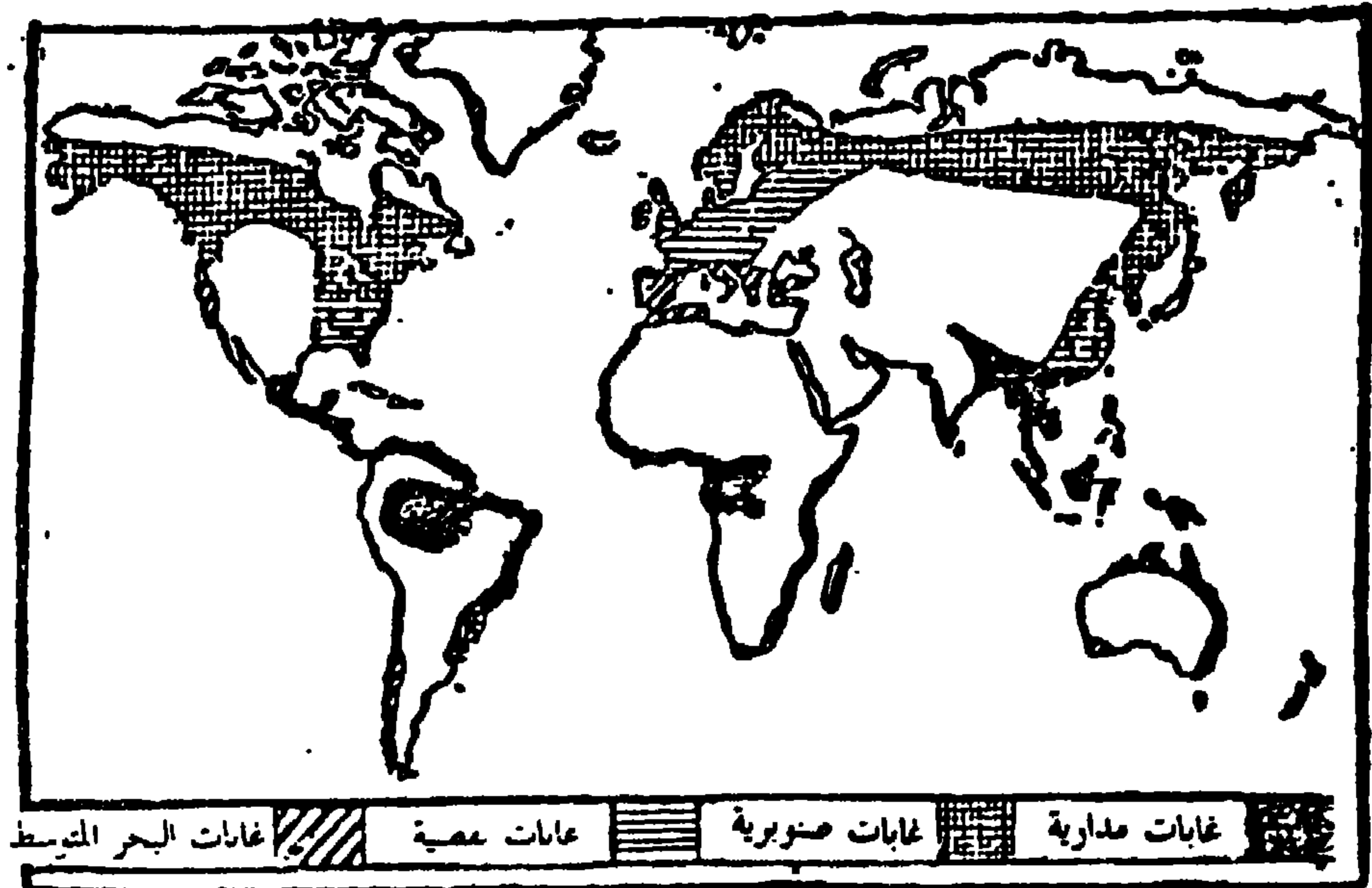
الأنواع الرئيسية للغابات وتوزيعها الجغرافي :

تنقسم الغابات على حسب صفاتها العامة والظروف المناخية التي تلائمها إلى الأنواع الآتية : وهي مينة بصفة إجمالية في الخريطة شكل (١١١) .

أولا - الغابات المدارية : وهي تنمو في الأقاليم الحارة التي لا يقل المتوسط الشهري لدرجة الحرارة فيها عن ١٨° م تقريبا^(١) ، ولكنها تختلف في كثافتها وفي تنوع أشجارها على حسب كمية الأمطار ونظام سقوطها ، وهي تقسم عادة إلى الأنواع الآتية :

١ - الغابات المدارية المطيرة Tropical Rain Forests

٢ - الغابات المدارية شبه النفضية Tropical Semideciduous Forests



شكل (١١١) توزيع الأنواع الرئيسية للغابات في العالم

(١) حدود المذكورة هنا هي التي اقترحها أوستن ملر للمناطق الحرارية في سنة ١٩٥٣

وهى التى تسمى أحيانا بالغابات المدارية الجافة أو الغابات دون
الاستوائية .

٣ — الغابات الساحلية أو المانجروف Mangrove Forests

٤ — الأحرار والغابات الشوكية Scrubs and Thorn Forests

ثانياً — غابات المنطقة المعتدلة الدافئة : وهى المنطقة التى لا ينخفض
المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة فيها عن ٦° م فى أى شهر من الشهور وأهم
أنواع الغابات التى تنمو بها هى :

١ — غابات البحر المتوسط .

٢ — الغابات الرطبة الدافئة فى شرق القارات (غابات الصين) .

ثالثاً — غابات المنطقة المعتدلة الباردة : أى التى يوجد بها فصل شديد
البرودة ، وينخفض أثناءه المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة عن ٦° م ويوجد
بها نوعان من الغابات هما :

١ — الغابات النفضية Deciduous Forests

٢ — الغابات الصنوبرية Coniferous Forests

١٤ — ٢ — ١ — ١ الغابات المدارية

١ — الغابات المدارية المطيرة (شكل ١١٢) :

تشغل هذه الغابات مناطق واسعة فى الأقاليم الحارة التى تسقط أمطارها
طول السنة ، كما هى الحال فى الكونغو وساحل غانا فى إفريقيا ، وحوض
الأمزون وجنوب شرق البرازيل فى أمريكا الجنوبية ، ثم جزر إندونيسيا وشبه
جزيرة الملايو ، وهى تنمو بصفة خاصة فى المناطق السهلية ، ولكنها تنمو
كذلك فوق منحدرات الجبال والمضاب حتى ارتفاع لا يزيد على ٢٠٠٠ قدم
فوق سطح البحر ، ويعتبر حوض الأمزون أكبر منطقة فى العالم تغطيها هذه
الغابات ، وهى تشتهر هنا باسم السلفا « Selva » ولكن كثيراً ما يطلق هذا

الاسم كذلك على الغابات التي من نفس النوع في حوض الكونغو وغيره من المناطق .

وتتكون الغابات المدارية المطيرة في جملتها من أشجار دائمة الخضرة ، عريضة الأوراق ، لها جذوع مرتفعة ، تتشابك أجزاؤها العليا بدرجة لا تسمح بوصول الضوء إلى قلب الغابة ، الذي يكون لهذا السبب شديد الظلمة في بعض الأحيان ، ويلاحظ أن جذوع الأشجار تملأ غالبا من الأغصان والأوراق ، ولكنها تتحد بأمراس ضخمة من النباتات المتسلقة التي ترتفع إلى أعلى لكي تصل إلى ضوء الشمس ، وفيما عدا ذلك تملأ أرض الغابة من الحشائش والشجيرات القصيرة ، لأن عدم وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض لا يساعد على نمو هذه النباتات . وليس هناك موسم معين لخروج الأوراق أو الأزهار في هذه الغابات حيث أن ذلك يحدث في جميع فصول السنة على حد سواء .



شكل (١١٢) الغابات المدارية المطيرة (مظهر في البرازيل)

وأنواع الأشجار المدارية المطيرة متعددة جدا ، وبعضها له قيمة اقتصادية كبيرة ، إما لأخشايه أو لثماره ، أو لما يستخرج منه من مواد أولية ، والأخشاب في جملتها من أنواع الجامد ، ومن أشهرها خشب الماهوجنى (الكابلى) « Mahogany » وتشتهر هندوراس (فى أمريكا الوسطى) بصفة خاصة بتصديره ، ومن الأشجار المهمة أيضا المطاط والموز والكيما واللبان والكافور .

وقد اكتشفت شجرة المطاط الطبيعية لأول مرة فى غابات حوض الأمازون ثم نقلت إلى الملايو وجزر الهند الشرقية حيث زرعت فى مساحات واسعة ، فضلا عن أنها زرعت كذلك ، ولكن على نطاق ضيق نسبيا فى غرب إفريقيا والبرازيل .

أما أشجار الموز فتزرع فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى بعض المناطق الساحلية المنخفضة من الأقاليم المدارية الرطبة . خصوصا فى هندوراس « Honduras » وجامايكا « Jamaica » وهما أهم البلاد التى تصدر الموز فى العالم .

أما اللبان « Chicle » فعباره عن عصارة بعض الأشجار التى تنمو فى الغابات المدارية المطيرة فى أمريكا الوسطى والجنوبية ، وتحول هذه العصارة إلى اللبان المعروف « Chewing Gum » الذى يعتبر من صادرات جواتيمالا المهمة .

أما أشجار الكينا « Chincona » التى تستخرج منها الكينا والكينين فتصير بكثرة فى جاوة وكولومبيا وإكوادور .

ويعتبر الكافور كذلك من الأشجار المهمة فى الغابات المدارية المطيرة ، وهو يزرع الآن بكثرة فى غرب إفريقيا ، خصوصا فى غانا التى تنتج حوالى نصف محصول العالم منه ، وتوجد بعض مزارعه المهمة كذلك فى أمريكا الوسطى . ويلاحظ أن استغلال الأشجار التى تنمو طبيعيا فى الغابات المدارية المطيرة

تقف دونه عقبات متعددة ، منها صعوبة المواصلات داخل الغابة ، ثم انتشار الحشرات التي تسبب بعض الأمراض الخطيرة ومنها مرض النوم الذي تسببه ذبابة « تسي تسي » المشهورة ، وذلك فضلا عن تعدد فصائل النباتات والأشجار في الغابة واختلاطها بدرجة كبيرة جدا مما يجعل من الصعب العثور على الأشجار ذات القيمة الاقتصادية لأن هذا يتطلب البحث عنها في مساحات واسعة من الغابة . ولهذا الأسباب نجد أن المهتمين بإنتاج المطاط أو الكاكاو أو غيرهما من الغلات المدارية يفضلون عادة إزالة الغابات الطبيعية ، وزراعة أشجار خاصة محلها . إلا أن عملية إزالة الغابات نفسها تعتبر من العمليات الشاقة عظيمة التكاليف ، ويرجع هذا إلى عظم كثافة الغابات وصلابة أخشابها ، فضلا عن أن غزارة الأمطار طول السنة تجعل من الصعب الاستعانة على إزالتها بواسطة إشعال الحرائق فيها ، كما هو متبع في بعض الأقاليم التي تتميز بوجود فصل جاف .

٢ - الغابات المدارية شبه النفضية (شكل ١١٣) :

تنمو هذه الغابات في الأقاليم التي تسقط بها أمطار غزيرة في فصل الصيف ويوجد بها فصل جاف في الشتاء ، ومن أمثلتها ١ - الأقاليم الموسمية في جنوب وجنوب شرق آسيا مثل الهند وبورما والهند الصينية ، وفي شمال استراليا ، ويطلق على غابات هذه الأقاليم اسم الغابات الموسمية ، ٢ - الأقاليم الواقعة على حافة الغابات المدارية المطيرة في إفريقية ، وفي حوض الأمزون ، ويطلق على الغابات التي تنمو فيها أحيانا اسم غابات السقانا « Savanna Forests » ، أو الغابات دون الاستوائية ، وهي تمثل مرحلة انتقال بين الغابات المدارية المطيرة من جهة والسقانا من جهة أخرى .

وتتميز هذه الغابات عن الغابات المدارية المطيرة من عدة وجوه ، أهمها أن كثيرا من أشجارها ونباتاتها تسقط أوراقها وتتوقف عن النمو في فصل الجفاف ، ولهذا فإن الغابة تبدو أقل اخضراراً في هذا الفصل منها في الفصل المطير ، وذلك فضلا عن أن الأشجار نفسها تكون أقل ارتفاعاً وأكثر تباعداً منها في



شكل (١١٢) غابة مدارية شبه نفضية

الغابات المطيرة ، كما أن الكثير منها يتفرع بالقرب من سطح الأرض : وتغطي الأرض فيما بينها بكثير من الشجيرات والأحراج والحشائش التي تجعل التنقل في داخل الغابة أمرا شديداً الصعوبة في كثير من الأحيان . ويلاحظ كذلك أن النباتات المتسلقة في هذه الغابات أقل بكثير منها في الغابات المطيرة .

وأهم أنواع الأشجار التي تنمو في هذه الغابات هي أشجار السنت « Acacia » . وتشتهر الغابات الموسمية في جنوب شرق آسيا بصفة خاصة بكثرة أشجار الخيزران الطويلة « Bamboo » وكذلك أشجار التيك (الساج) Teak ، التي تنفض أوراقها في فصل الجفاف ، وهي ذات قيمة اقتصادية ، حيث تستخدم أخشابها « الصلبة » في صناعة الأثاث .

وأقاليم الغابات الموسمية أصلح لحياة الإنسان من أقاليم الغابات المدارية المطيرة ، وأسهل منها في تحويلها إلى حقول زراعية ، وقد تحولت بالفعل كثير من الأقاليم الموسمية منذ زمن بعيد إلى إنتاج بعض المحاصيل المهمة مثل الأرز وقصب السكر والموز وزيت النخيل والبن والذرة الرفيعة .

٣ - الغابات الساحلية (المانجروف) :

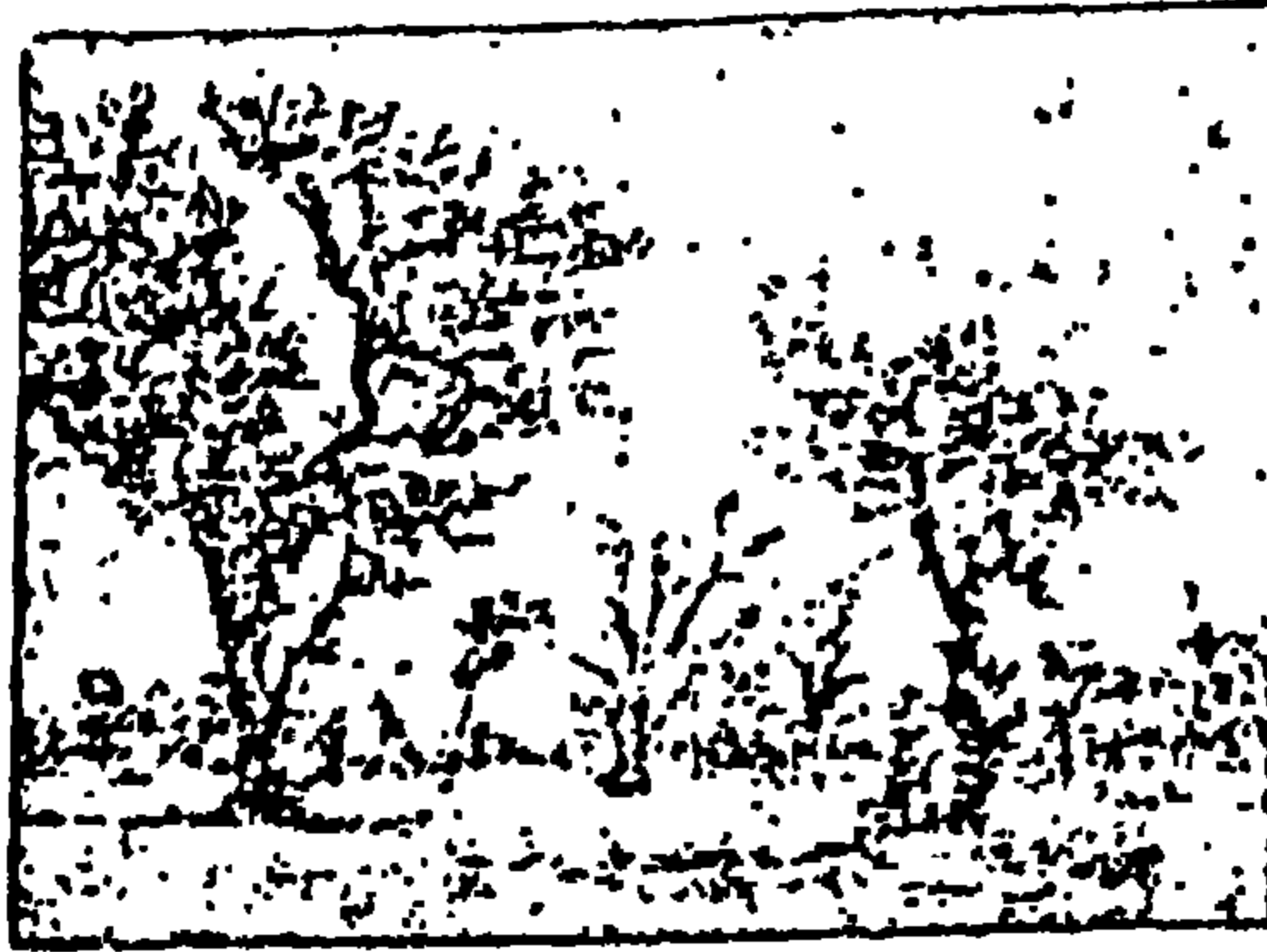
تتميز السواحل المنخفضة في نطاق الغابات المدارية المطيرة بظهور غابات كثيفة تتكون في جملتها من أشجار دائمة الاخضرار تعرف باسم أشجار المانجروف ، وهي تنمو عادة في شريط ساحلي ضيق جدا ، خصوصا عند مصبات الأنهار وفي المواضع التي تصل إليها مياه المد ، ويتراوح ارتفاع هذه الأشجار ما بين ٥ و ٧ أمتار ، وهي تتميز بكثرة فروعها ، وبكثرة الجذور العرضية التي تتدلى من فروعها نحو الأرض وتتكون منها شبكة يصعب اختراقها ، وهي ذات أوراق مستطيلة ملساء ، وتحمل طول السنة تقريبا أزهارا لونها أصفر فاتح ، وثمارا مخروطية الشكل تشبه ثمار التوت ويميل لون جذوعها إلى الاحمرار^(١) .

وتعتبر هذه الغابات من أهم العقبات التي تعترض الملاحة على طول كثير من السواحل المدارية . لأنها تجعل الانتقال من البحر إلى الداخل أمرا في غاية الصعوبة ، فضلا عن أنها تحول دون إنشاء المرافئ الصالحة لرسو السفن ، ولئن ظهرت بعض الموانئ المهمة على هذه السواحل فانها توجد دائما في المناطق التي تخلو من أشجار المانجروف .

٤ - الأحراج والغابات الشوكية (شكل ١١٤) :

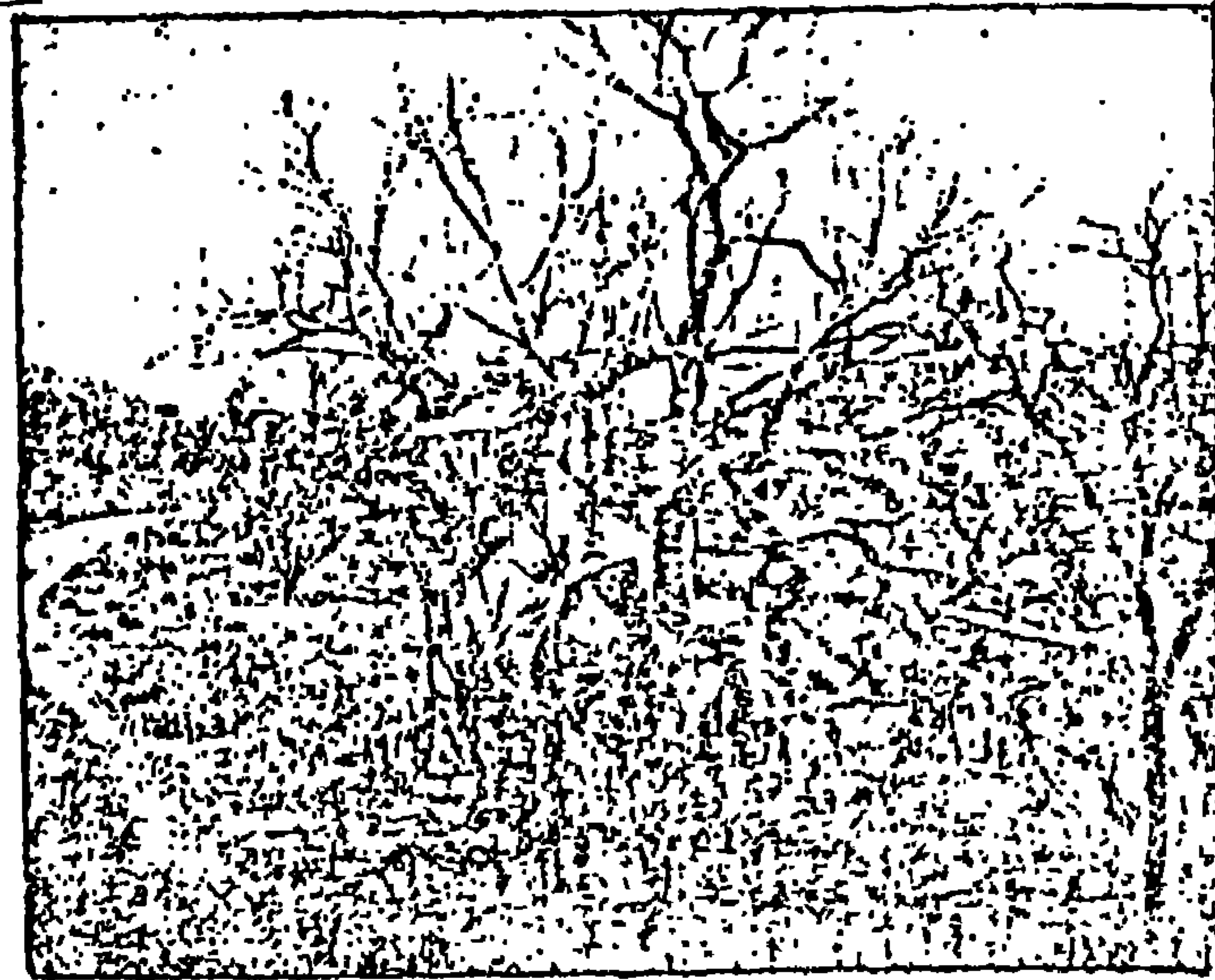
تنمو هذه الغابات في الأقاليم المدارية التي يوجد بها فصل جاف طويل ، وهي تتكون في جملتها من أشجار صغيرة متناثرة جميعها نفضية ، وتغطي الأرض فيما بينها بالحشائش ، وتجف الغابة تماما في فصل الجفاف حيث تسقط الأشجار أوراقها وتموت الحشائش ، ولكنها لا تلبث أن تنحضر عندما يبدأ فصل النمو الذي يتفق مع موسم سقوط الأمطار ، وأنواع الأشجار التي تنمو في هذه الغابات محدودة ، وبعضها يتميز بأوراقه الشوكية كما هي الحال في أشجار

(١) يستفاد من قشور جنوع هذه الاشجار في صناعة بعض الادوية التي تستخدم في علاج الاسهال .



شكل (١١٤) أحراج مدارية (منظر لى السنغال)

السنط ، وقد تكون الغابة مكونة فى جملتها من الأشجار الشوكية ، وفى هذه الحالة يطلق عليها اسم الغابة الشوكية Thorn Forest ومنها بعض الغابات الموجودة فى شمال شرق البرازيل ، ويطلق عليها اسم كاتينجا « Caatinga » ، ومن أهم النباتات أيضا اليوفوريا الشوكية « Euphorbia » وكذلك البواباب « Baobab » التى تتميز بمقدرتها على تخزين المياه فى جذوعها المتضخمة ، مما يساعد على تحمل الجفاف فى فصل انقطاع الأمطار (شكل ١١٥) .



شكل (١١٥) شجرة باباوب (لى غرب أستراليا)

ويلاحظ أن الغابات شبه النفضية وكذلك الأحراج تكون عادة مختلطة بكثير من الحشائش ، ولذلك فإنها تدرس أحيانا ضمن نطاق السفانا . ولو أن كلمة سفانا بمعناها الضيق لا تشمل إلا المناطق الخالية من الأشجار^(١) . وسنعود لوصف الحد الفاصل بين السفانا والغابات بعد قليل .

الحياة الحيوانية في الغابات المدارية :

تشمل الحياة الحيوانية في هذه الغابات أنواعا متعددة من الحيوانات التي يعيش بعضها في الابات المدارية المطيرة ، ويعيش بعضها الآخر في الغابات المدارية الأخرى أو ينتقل بينها وبين مناطق السفانا .

ومعظم الحيوانات التي تعيش في الغابات المطيرة تقضى كل حياتها تقريبا في أعلى الأشجار نظرا لقسوة الظروف في قلب الغابة ، وهي تشمل كثيرا من القردة مثل الغوريلا والشمبانزى ، كما تشمل السنجاب الطائر ، وضافدع الأشجار والسحالي والثعابين ، وأنواعا مختلفة من الطيور والحشرات ، ويتميز الكثير من هذه الحيوانات بألوانه الزاهية التي تجعل من الصعب تمييزه وسط الأوراق والأزهار ، وهذه الميزة لها أهمية كبيرة في حياة بعض الحيوانات ، لأنها تسهل عليها مهمة الاختفاء من أعدائها . وبينما يروج أعلى الغابة بهذه الأنواع المتعددة من الحيوانات التي يساعد تكوين أجسامها على التسلق والتعلق بغصون الأشجار ، نجد أن أرض الغابة لا يعيش فوقها غالبا إلا أنواع قليلة من الزواحف والحشرات التي يوجد بعضها بأعداد هائلة ، ومثال ذلك نوع من النمل الأبيض « Termites » الذي يوجد بكثرة في غابات حوض الأمازون . وفيما عدا ذلك تخلو الغابات المدارية المطيرة إلى حد كبير من الحيوانات البرية ذات الأحجام الكبيرة ، وينطبق هذا بصفة خاصة على غابات أمريكا الجنوبية ، أما في إفريقية فإن هناك عددا من الحيوانات التي تنتقل ما بين الغابات المدارية والسفانا ومنها بعض آكلات اللحوم مثل الثور والقطط المتوحشة ، وبعض آكلات النباتات مثل الفيلة والزراف والبقر الوحشي ، وتعيش في حوض الكونغو بصفة خاصة

Horrocks, N.K. « Physical Geography and Climatology 1953, P. 243.

(١)

بعض الحيوانات التى 'نمهم' 'عميلة' والجاموس ، وكذلك فرس البحر و'تمساح' اللدك يعيشان فى مجارى الأنهار .

١٤ - ٢ - ١ - ٢ - الغابات المعتدلة الدافئة

١ - غابات البحر المتوسط (شكل ٧٥ ، ٧٦) :

يتميز مناخ البحر المتوسط بشتائه المعتدل ، الذى لاينخفض أثناءه المتوسط اليومى لدرجة الحرارة فى معظم المناطق انخفاضاً يؤدى إلى توقف نمو معظم الأشجار ، أما فصل الصيف فيمتاز بحرارته وجفافه ، ولكن رغم ذلك فإن الغابات التى تنمو فى هذا المناخ تتكون فى مجملتها من أشجار عريضة الأوراق دائمة الخضرة لاتنفض أوراقها بسبب الجفاف ، كما يحدث للغابات الموسمية أو الأحراج المدارية مثلاً ، وتعتبر غابات البحر المتوسط فى الواقع نوعاً فريداً فى بابها من أنواع الغابات لأنه ليس من المؤلف أن تنمو غابات عريضة الأوراق فى إقليم يوجد به فصل جاف طويل نسبياً دون أن تنفض أوراقها خلال هذا الفصل .

وتتميز هذه الغابات بصفات خاصة هى التى تساعد على الاحتفاظ باخضرارها فى فصل الصيف ، ومن هذه الصفات أن الأشجار تكون متباعدة نوعاً ما بحيث تستطيع الشجرة الواحدة أن تستفيد من المياه الموجودة فى منطقة واسعة من الأرض ، كما تكون الجذور متشعبة ، وطويلة بدرجة تستطيع معها أن تصل إلى طبقة المياه الباطنية ، أما الأوراق فتكون قليلة ، كما يكون أغلبها صغيراً سميكاً متصلباً « Stiff » ذا سطح أملس ناعم أو غير ذلك من الصفات التى تحول دون سرعة فقدان المياه بالتتح ، وبعض الأشجار مثل الفلين تغلف جذوعها بقشور سميكة جداً تحول دون ضياع مياهها وعصارتها بالتبخر . وكثيراً ما تكون الأوراق شوكية مشابهة لأوراق كثير من النباتات التى تنمو فى الأقاليم الجافة^(١) .

Picton E. James, « A Geography of Man », 1944, P. 126

(١)

وغابات البحر المتوسط في جملتها من نوع الأدغال « Scrub Forests » التي تتكون من أشجار متوسطة الارتفاع أو قصيرة . أما الأشجار الضخمة فيقل وجودها بصفة عامة ، إلا في بعض المواضع التي تساعد ظروف المناخ والتربة فيها على سرعة النمو ، فهنا تنمو أشجار ذات جذوع سميكة ، يلتوى بعض أغصانها على البعض الآخر ، وتغطي الأرض فيما بينها بطبقة من الحشائش القصيرة ، ورغم أن الأشجار لا تنفض أوراقها غالبا في أى فصل من الفصول فإن هناك موسما معينا لخروج البراعم والأوراق الجديدة ، ويكون ذلك عند بداية الفصل المطير في الخريف . أما خروج الأزهار والثمار فيحدث عموما في فصل الربيع ، وهذا بخلاف الحال في الغابات المدارية المطيرة التي لا يوجد فيها موسم خاص لخروج الأوراق أو الأزهار ، إذ أن هذا يحدث في جميع شهور السنة على حد سواء .

ويعتبر البلوط دائم الخضرة « Oak » والفلين « Cork » من أهم الأشجار التي يختص بها مناخ البحر المتوسط ، وهي تمتاز بأن جذوعها مغلفة بقشور سميكة جدا تقطعها شقوق عميقة وبأن أوراقها صغيرة سميكة ، ومتصلبة سطحها أملس . وتعتبر أشجار الزيتون أيضا من الأنواع الرئيسية ، وهي ذات جذوع ضخمة مغلفة بقشور سميكة تقطعها كذلك شقوق عميقة ، يلتوى بعض فروعها على البعض الآخر ، أما أوراقها فصغيرة متصلة قليلة المسام ، ومن الأشجار المهمة أيضا شجرة القسطل (أبو فروة) « Sweet Chestnut » والغار « Laurel » وبعض أنواع الأشجار المخروطية « Conifers » مثل الأرز « Cedar » والسرو ، ثم أشجار اليوكاليتوس « Eucalypts »^(١) ، وأشجار الكافور التي تكثر بصفة خاصة في استراليا .

(١) كلمة Eukalyptos أصلها يوناني ، وهي مكونة من مقطعين هما Eu ومعناها جيد Kalyptos ومعناها مغطى أو مغلف ، وذلك لأن ثمارها مغلفة تغلفا جيدا .

وإلى جانب الغابات التى سبق وصفها تنمو فى مناخ البحر المتوسط كذلك أحراج كثيفة تغطى بها الأرضى فى بعض المناطق وتتخللها أحيانا شجيرات أو أشجار قصيرة ، وتشتهر هذه الأحراج فى كاليفورنيا باسم « شابارول Chaparral » . ولما فى البلاد المحيطة بالبحر المتوسط فيطلق عليها اسم « ماكى Maqui » . وإلى جانب المناطق التى تصلح بطبيعتها لنمو هذه الأحراج نجد أنها تظهر كذلك فى بعض المناطق الأخرى التى كانت تغطيتها الغابات ، وذلك بعد أن اجتثت أشجارها ، وأهم فائدة لهذه الأحراج هى أنها تنظم انحدار المياه على جوانب المنحدرات وتحول دون جرفها للتربة .

وفضلا عن النباتات الطبيعية السابق ذكرها يشتهر مناخ البحر المتوسط بصلاحيته لغرس أشجار الفاكهة التى أهمها الموالخ والمشمس والكمثرى والتفاح والخوخ والتين واللوز والكرام وأشجار الزيتون .

ويظهر مناخ البحر المتوسط بصفة عامة فى غرب القارات ما بين خطى عرض ٣٠° و ٤٠° تقريبا ، وأكبر منطقة يمثل فيها هى التى تحيط بالبحر المتوسط نفسه فى العالم القديم ، وإلى جانب ذلك نجد أنه يمثل فى كاليفورنيا بأمريكا الشمالية ، وفى وسط شيل بأمريكا الجنوبية ، وفى منطقة رأس الرجاء الصالح فى إفريقيا ، وفى منطقتين صغيرتين فى الطرفين الجنوبى الشرقى والجنوبى الغربى لأستراليا .

٢ - الغابات الرطبة الدافئة فى شرق القارات (غابات الصين) :

تنمو هذه الغابات فى بعض العروض التى توجد بها غابات البحر المتوسط ، وذلك فى المناطق التى تنتمى عموما إلى المناخ المعروف « بالمناخ الصينى » ومن أهمها الصين وجنوب شرق الولايات المتحدة وجنوب شرق البرازيل والساحل الشرقى لأستراليا وساحل ناتال فى إفريقيا ، وهى تنمو كذلك فى الأقاليم المدارية ، ولكن على مستويات أعلى من ٩٠٠ متر فوق سطح البحر ، كما هى الحال فى شرق المكسيك وأمريكا الوسطى وعلى المنحدرات الشرقية لجبال الأنديز .

ونظرا لأن أمطار هذه الأقاليم تسقط طول السنة فإن الغابات التى تنمو بها تكون غالبا أشد كثافة من غابات البحر المتوسط ، وهى تتكون فى جملتها من أشجار عريضة الأوراق معظمها دائمة الخضرة وأخشابها من النوع الجامد ، وتشمل بعض أنواع الأشجار التى تنمو فى مناخ البحر المتوسط مثل البلوط دائم الخضرة وكثير من الأشجار التى تتكون منها الغابات عريضة الأوراق فى الأقاليم المعتدلة فى غرب القارات ، كما هو الحال فى غرب أوروبا مثلا ، ومن الاشجار المهمة التى من هذا النوع أشجار الزان « Beech » والجوز « Walnut » والبتولا « Birch » ، والهيكورى « Hickory » (وهو نوع من أشجار الجوز) والهور « Poplar » والاسفندان « Maple » . وتختلط هذه الأشجار فى بعض المناطق بكثير من الأشجار الصنوبرية ذات الأوراق الإبرية مثل الصنوبر « Pine » والشوكران « Hemlock » ، ويحدث ذلك بصفة خاصة فى المناطق رديئة التربة وعلى منحدرات الجبال حيث تنمو غابات مكونة من النوعين ، ويطلق عليها اسم « الغابات المختلطة » « Mixed Forests » ، وقد تسود الاشجار الصنوبرية فى بعض هذه المناطق بحيث تتكون منها معظم الغابة أو كلها ، كما هى الحال فى بعض السهول الساحلية فى جنوب شرقى الولايات المتحدة حيث تسود التربة الرملية الفقيرة ، وعلى منحدرات السلاسل الجبلية لجبال الأبالاش ، حيث يكون سطح الأرض صخرى بصفة عامة ، أو يكون مغطى بطبقة رقيقة جدا من التربة ، وتعتبر الغابات التى تنمو على هذه المنحدرات فى الواقع لسانا من الغابات الصنوبرية يمتد ناحية الشمال وسط إقليم تسود فيه غابات عريضة الأوراق ، ويزداد اختلاط الأشجار كذلك كلما اتجهنا ناحية القطبين بسبب تناقص درجة الحرارة حتى نصل إلى المناطق التى تسود فيها الغابات الصنوبرية .

وتعتبر الغابات عريضة الأوراق والغابات المختلطة موردا من الموارد الهامة للأخشاب فى العالم ، إذ أن كثيرا من أشجارها يمتاز بجودة أخشابها ، ومثال ذلك أشجار الجوز والزان ، وقد أزيلت هذه الغابات من مناطق واسعة فى العالم لكثرة الطلب على أخشابها من جهة ولإحلال الزراعة محلها من جهة أخرى ،

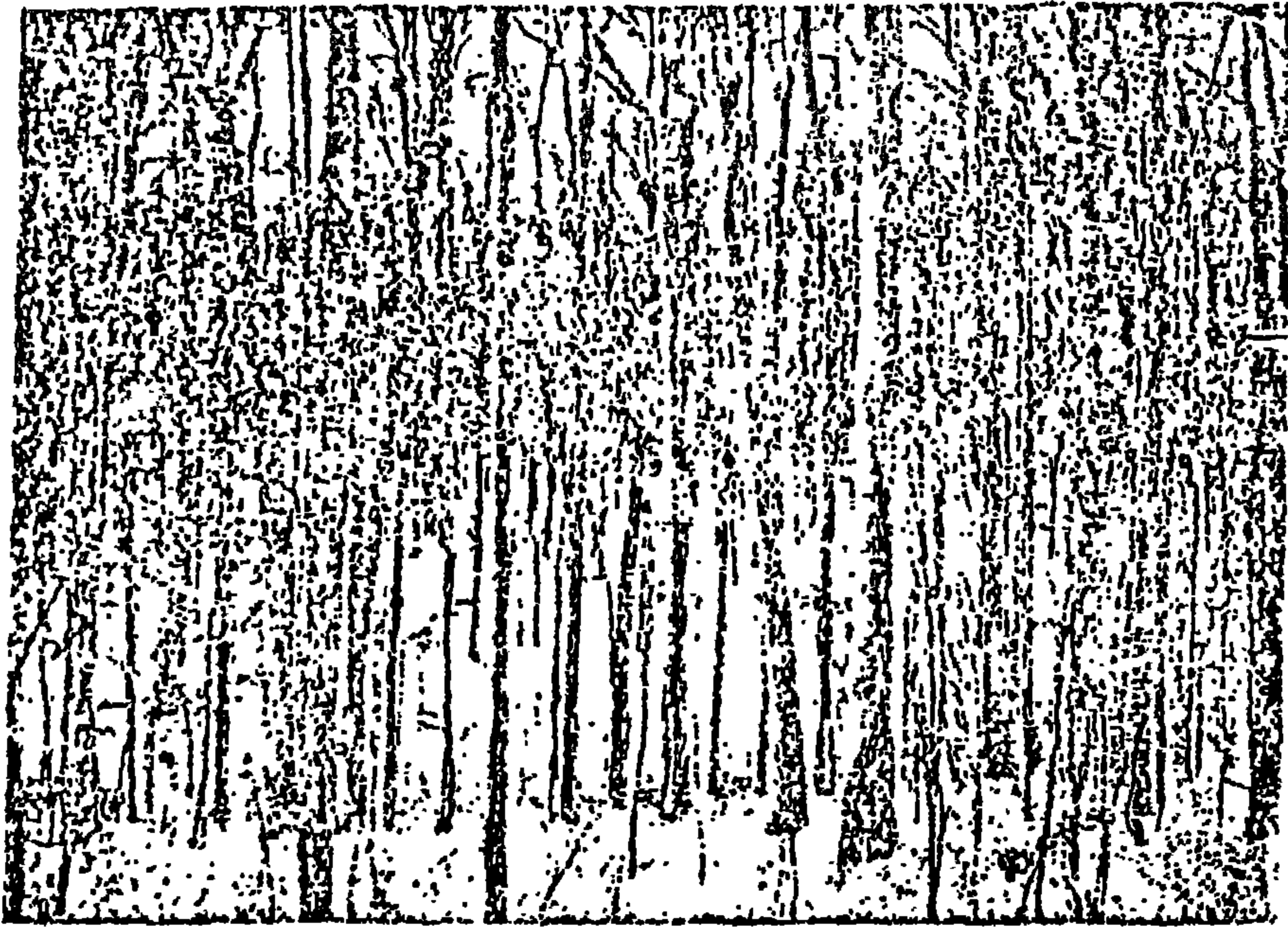
حيث أن الأقاليم التي توجد بها تعتبر عموما من أكثر جهات العالم ازدهاما بالسكان ، كما هي الحال في الولايات المتحدة ، وجنوب اليابان وكوريا وجنوب شرق الصين ، ففي الولايات المتحدة مثلا كانت هذه الغابات تغطي معظم جنوب وجنوب شرق البلاد ، ولكنها أصبحت في الوقت الحاضر تكاد تكون مقصورة على المناطق الجبلية الوعرة التي ليس من السهل استغلالها للزراعة. إن انتشارها أخذ في التناقص بسبب كثرة الطلب على أخشابها . ويعتبر الأرز والشاي من أهم الغلات التي انتشرت زراعتها مكان هذه الغابات في شرق آسيا ، أما في الولايات المتحدة فقد انتشرت مكانها زراعة الذرة والقطن .

١٤ - ٢ - ١ - الغابات المعتدلة الباردة

١ - الغابات النفضية (عريضة الأوراق) :

أهم ما تتميز به أشجار هذه الغابات هو أنها تسقط أوراقها في فصل الشتاء بسبب انخفاض المعدل اليومي لدرجة الحرارة إلى ماعون حاجة النباتات ، وليس بسبب انقطاع الأمطار كما يحدث للغابات النفضية التي تنمو في الأقاليم المدارية ، والأوراق في جملتها عريضة ورقيقة ، أما الجذوع فتغلفها غالبا قشور سميكة يمكنها أن تدوم دون تبخر الماء منها في الفصل الذي يتوقف فيه نشاط عمليات النمو ، وبما تكون اللغابة مزدهرة خضراء في فصل الصيف فإنها تبلى جافة تماما في فصل الشتاء ، حيث تكون معظم الحياة النباتية فيها في حالة سكون (شكل ١١٦) .

وتنمو الغابات النفضية بصفة خاصة في غرب القارات ما بين خطي عرض ٤٠° و ٦٠° تقريبا ، وذلك في الأقاليم التي ينتمي مناخها إلى النوع المعروف باسم « مناخ غرب أوروبا » وهو ممطر طول العام ومعتدل الحرارة في الصيف ولكنه شديد البرودة في الشتاء. وقد كانت هذه الغابات فيما مضى تغطي معظم دول غرب أوروبا ووسطها ، ولكن نظرا لازدهام هذه البلاد بالسكان وعظم



شكل (١١٦) غابة نفضية في فصل الشتاء .

الطلب على المواد الغذائية فقد أزيلت من مناطق واسعة ، وحلت محلها زراعة بعض المحاصيل التي أهمها القمح والبطاطس والبنجر والشوفان ، ولا تزال توجد مع ذلك مساحات واسعة منها في بعض البلاد خصوصا في غرب روسيا ، وتتناقص هذه الغابات كلما توغلنا في أوروبا نحو الشرق تبعا لتناقص الأمطار حتى تختفى تقريبا عند جبال أورال ، ألا أنها لا تلبث أن تظهر من جديد في شرق آسيا حيث تغطي مساحات واسعة في منشوريا واليابان . وفي أمريكا الشمالية توجد الغابات النفضية بصفة خاصة في شمال غرب الولايات المتحدة وغرب كندا أما في نصف الكرة الجنوبي فلا توجد منها إلا مساحات صغيرة في جنوب شيلي وفي جزيرة تيراديلفويجو «Tierradel Fuego» ، وفي الطرف الجنوبي لجزيرة تسمانيا وبعض أجزاء الجزيرة الجنوبية لنيوزيلندا .

ويلاحظ أن هذا النوع من الغابات لا ينمو غالبا على السواحل التي ينتمى مناخها إلى النوع البحري المثالي ، لأن انخفاض درجة حرارة فصل الشتاء في

هذا المناخ لا يكون عادة شديدا بدرجة تؤدي إلى توقف الحياة النباتية ، كما أن الرياح تكون محملة أحيانا بهرذاذ من المياه المالحة التي تضر النباتات^(١) ، وذلك فضلا عن أن قوة الرياح على الشاطئ تعتبر من العوامل التي لا تساعد على نمو الأشجار حيث أنها تعمل على تشتت ققدان المياه بالتح .

وتعتبر الغابات النفضية عموما من أهم موارد الأخشاب في العالم خصوصا فيما يتعلق بالأخشاب الصلبة ، وأهم الأشجار التي تنمو بها هي أشجار البلوط والزان والبوداق (لسان العصفور) والعرغار « Ash » والاسقندران والقسطل « Elm » والجوز ، ومما يساعد على استغلال هذه الأشجار أنها قليلة الاختلاط بعضها ببعض أو بغيرها من الأشجار ، فكثيرا ما توجد مساحات واسعة منها لا يغطيها إلا نوعين أو ثلاثة أنواع فقط من الأشجار ، وذلك بخلاف الحال في الغابات المدارية المطيرة التي تختلط بها الأنواع المتباينة اختلاطا شديدا يجعل استغلال الأنواع ذات القيمة الاقتصادية أمرا شديدا الصعوبة .

٢ - الغابات الصنوبرية (أو المحروطية) :

تعتبر الغابات الصنوبرية من أهم النباتات الطبيعية التي تنمو في العروض المعتدلة الباردة في نصف الكرة الشمالي ، وهي تغطي مساحات واسعة في أوراسيا وأمريكا الشمالية ، وذلك إلى الشمال من خط عرض ٥٠° تقريبا في أوراسيا و ٤٥° في أمريكا ، أما حدها الشمالي فيتنق مع خط حرارة ١٠° لأدفاً الشهور ، حيث أن الأشجار لا تستطيع النمو إلا إذا كان هناك شهر واحد على الأقل يرتفع معدل درجة حرارته إلى ١٠° أو أكثر .

ويلاحظ أن الانتقال بين الغابات الصنوبرية والصحارى الجليدية التي تمتد إلى الشمال منها ، وبينها وبين الغابات النفضية التي تنتشر إلى الجنوب منها يكون غالبا تدريجيا ، فمن ناحية الشمال تتناقص كثافة الغابات ويتناقص حجم أشجارها كلما اقتربنا من القطبين . ويطلق اسم التايجا « Taiga » في شمال أوراسيا على القسم الشمالي من الغابات الصنوبرية الذي يمثل مرحلة الانتقال

Horrocks, N.K. « Physical Geography and Climatology » 1953, P. 245.

(١)

بين الغابات الصنوبرية ذات الاشجار الضخمة في الجنوب وإقليم التندرا في الشمال ، وهو يتكون في جملته من أشجار متقاربة ذات جذوع رفيعة وقصيرة نسيا (شكل ١١٧) ، ولكن كثيرا ما يطلق اسم التايجا بصفة عامة على كل نطاق الغابات الصنوبرية في شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية ، ويلاحظ أن هذه الغابات تختلط من ناحية الجنوب في كثير من المناطق بالأشجار النفضية ويتكون من النوعين غابات مختلطة ، كما سبق أن ذكرنا عند الكلام على الغابات النفضية .



شكل (١١٧) غابات التايجا ، (منظر في كندا) .

وتنمو الغابات الصنوبرية فضلا عما تقدم على المنحدرات المرتفعة للجبال في الأقاليم المعتدلة الدافئة أو المدارية ، وذلك في المستويات التي تتفق ظروفها المناخية مع مايلزم نمو هذه الغابات

وتمتاز أشجار الغابات الصنوبرية بأنها مخروطية الشكل مستقيمة الخذوع بصفة عامة ، وبأن أوراقها سميكة تغطيها طبقة صمغية تحول دون فقدان مياهها وعصارتها بالتبخر ، ولا تسقط هذه الأوراق في أى فصل من الفصول، ولكنها تكون في حالة سكون خلال الفصل البارد ثم تبدأ في النمو بسرعة عندما يرتفع المعدل اليومي لدرجة الحرارة إلى ٦° م في بداية فصل الصيف ، وذلك دون حاجة إلى إضاءة بعض أيام فصل النمو القصير في تكوين أوراق جديدة كما يحدث مثلا في الغابات النفضية التي تنمو في الأقاليم الأكثر دفئا .

ويمكننا أن نلخص أهم أوجه الاختلاف بين الغابات الصنوبرية من جهة والغابات النفضية من جهة أخرى فيما يلي :

١ — الغابات الصنوبرية دائمة الاخضرار^(١) ، أما النفضية فتسقط أوراقها في فصل الشتاء .

٢ — الغابات الصنوبرية أوراقها إبرية أما النفضية فعريضة الأوراق .

٣ — أخشاب الغابات الصنوبرية معظمها من النوع اللين أما الغابات النفضية فمعظم أخشابها من النوع الصلب .

٤ — تحتاج الغابات الصنوبرية إلى أمطار أقل مما تحتاج إليه الغابات النفضية . إذ يكفي نموها سقوط ٢٥ سنتيمترا فقط خلال فصل النمو ، ولهذا فإنها تمتد بدون انقطاع تقريبا على شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية .

٥ — تحتاج الغابات الصنوبرية إلى درجة حرارة أقل وفصل نمو أقصر مما تحتاج إليه الغابات النفضية .

٦ — تستطيع الغابات الصنوبرية أن تنمو في بعض أنواع التربة الفقيرة ، التي لاتصلح لنمو الغابات النفضية ، ففي شرق الولايات المتحدة مثلا نجد أن الغابات الصنوبرية تحتل بعض المناطق الساحلية ذات التربة الرملية ، وذلك في نطاق الغابات النفضية .

(١) يوجد في بعض الأقاليم الباردة القارية في شرق آسيا نوع من الغابات الصنوبرية التي تنفض أوراقها في الشتاء بسبب قسوة البرودة ، ونعرف باسم « الغابات النفضية » .

٧ — تمتاز الغابات الصنوبرية بقلة ما ينمو بين أشجارها من نباتات صغيرة ، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى قلة ما يصل إلى سطح الأرض من ضوء الشمس بسبب تقارب الأشجار ودوام أخضرارها ، أما في الغابات النفضية فتتنمو بين الأشجار حياة نباتية كثيفة مكونة من حشائش وشجيرات ، ويساعد على ظهورها كون الأشجار تنفض أوراقها في فترة من السنة ، مما يسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى سطح الأرض .

وتعتبر الغابات الصنوبرية أهم مورد للأخشاب اللينة في العالم ، وأهم أنواع الأشجار التي تنمو بها هي الصنوبر « Pine » والشرين والشوكران « Fir » واللاريس « Larch » كما تنمو أشجار الأرز « Cedar » والسرو « Cypress » بكثرة على منحدرات الجبال المرتفعة في الأقاليم الدافئة أو الحارة كما هي الحال في المناطق الجبلية في حوض البحر المتوسط وهضبة الحبشة وشرق إفريقيا .

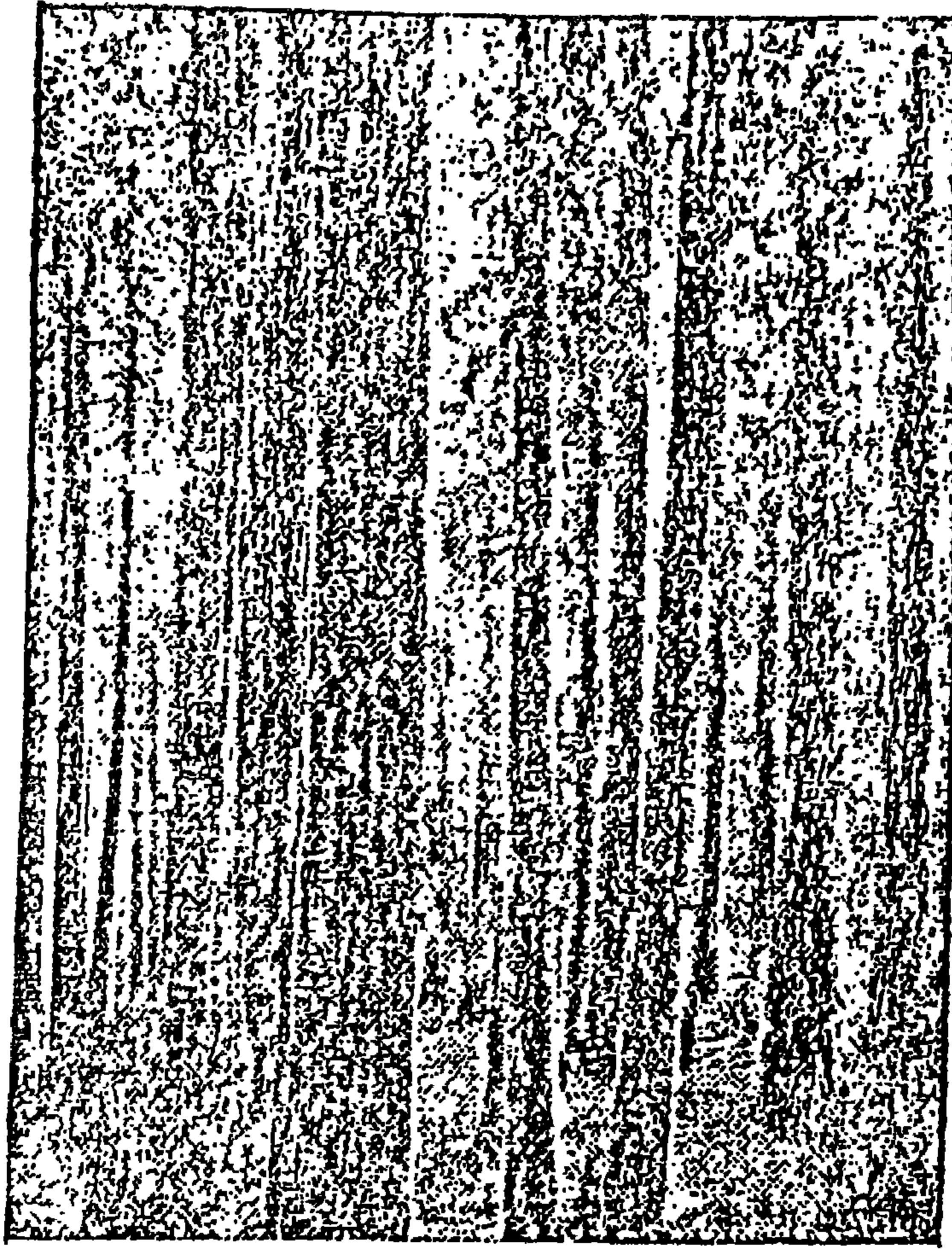
وقد استغلت هذه الغابات على نطاق واسع في شمال أوروبا خصوصا في السويد والنرويج وفنلندا وتقطع الأشجار عادة في فصل الشتاء ثم تجر على الجليد إلى مجرى الأنهار وتترك فيها حتى تنقلها المياه إلى المصب بعد انصهار الجليد ، وتعتبر سيبيريا أكبر منطقة تغطيها الغابات الصنوبرية في العالم ، إلا أن هذه الغابات مازالت في جملتها بعيدة عن الاستغلال ، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل منها : ١ — قسوة المناخ وقلة السكان ، ٢ — شدة كثافة الغابات وصعوبة اختراقها ، ٣ — أن الأنهار المهمة في سيبيريا تتجه عموما من الجنوب إلى الشمال حيث تصب في المحيط المتجمد الشمالي ، مما يقلل من أهميتها كطرق لنقل الأخشاب ، ويلاحظ كذلك أن مياه هذه الأنهار تفيض على الأراضي التي حولها في الربيع والصيف ، لأنه عندما ينصهر الجليد في أجزائها العليا تكون أجزاؤها الدنيا مازالت متجمدة ، ويترتب على ذلك تحول منطقة واسعة حولها إلى مستنقعات تزيد من صعوبة اختراق الغابات ، فضلا عن ذلك فإن طغيان المياه وتراكمها على أرض الغابات بهذا الشكل يؤثر تأثيرا سيئا على الأشجار لأنه يتلف الأخشاب ويقلل من قيمتها الاقتصادية .

وإلى جانب النطاق الرئيسي للغابات الصنوبرية في شمال أوراسيا تنمو هذه الغابات كذلك على منحدرات جبال الألب والكربات ، وهي ذات أهمية اقتصادية كمورد للأخشاب الخفيفة في هذه المناطق .

وإذا انتقلنا إلى العالم الجديد نجد أن الغابات الصنوبرية تشغل نطاقا واسعا يمتد ما بين المحيطين الأطلسي والهادي في كندا وشمال الولايات المتحدة والغابات التي تنمو هنا في جملتها من نوع التايجا التي تنتشر في شمال أوراسيا ، وإلى جانب ذلك تنمو الغابات الصنوبرية أيضا على منحدرات الجبال في المناطق الساحلية ذات التربة الرملية في العروض المعتدلة الدافئة في غرب الولايات المتحدة وشرقها . وتمتاز هذه الغابات عن التايجا بضخامة أشجارها وجودة أخشابها مما يجعل لها أهمية اقتصادية عظيمة وينطبق هذا بصفة خاصة على الغابات التي تنمو على منحدرات السلاسل الغربية لجبال روكي ، ويتكون منها نطاق عظيم يتصل بنطاق التايجا في الشمال ويمتد حتى المكسيك في الجنوب ، ففي هذا النطاق تنمو أجود أنواع الأشجار الصنوبرية في العالم ، ومن أهمها نوع من الشربين يطلق عليه اسم « Douglas Fir » . ويزيد ارتفاع شجرته أحيانا على ١٥٠ مترا ويزيد قطر جذعها على مترين ، ويشبه في ذلك نوع من أشجار الغابات الصنوبرية المعروفة باسم الغابات الحمراء « Redwood » وهي موجودة بصفة خاصة في كاليفورنيا (أنظر شكل ١١٨) .

وقد كانت الغابات الصنوبرية تغطي كذلك مساحات واسعة في شرق الولايات المتحدة وكندا ، ولكنها أزيلت من مناطق كثيرة لإحلال الزراعة محلها من جهة والاستفادة بأخشابها من جهة أخرى ، وقد بدأت هاتان الدولتان تبعان في الوقت الحاضر سياسة ترمي إلى تنظيم استغلال الغابات والمحافظة عليها ، وتعتبر الغابات التي تنتشر على المنحدرات الغربية لجبال روكي أعظم مورد للأخشاب في الولايات المتحدة في الوقت الحاضر ، وتليها في ذلك الغابات التي تنتشر في الولايات الجنوبية الشرقية للبلاد .

أما في نصف الكرة الجنوبي فلا توجد الغابات الصنوبرية إلا في مناطق



شكل (١١٨)

صغيرة في غرب وجنوب أمريكا الجنوبية ، وذلك لضيق اليابس وعظم امتداده كثيرا في العروض الجنوبية الباردة .

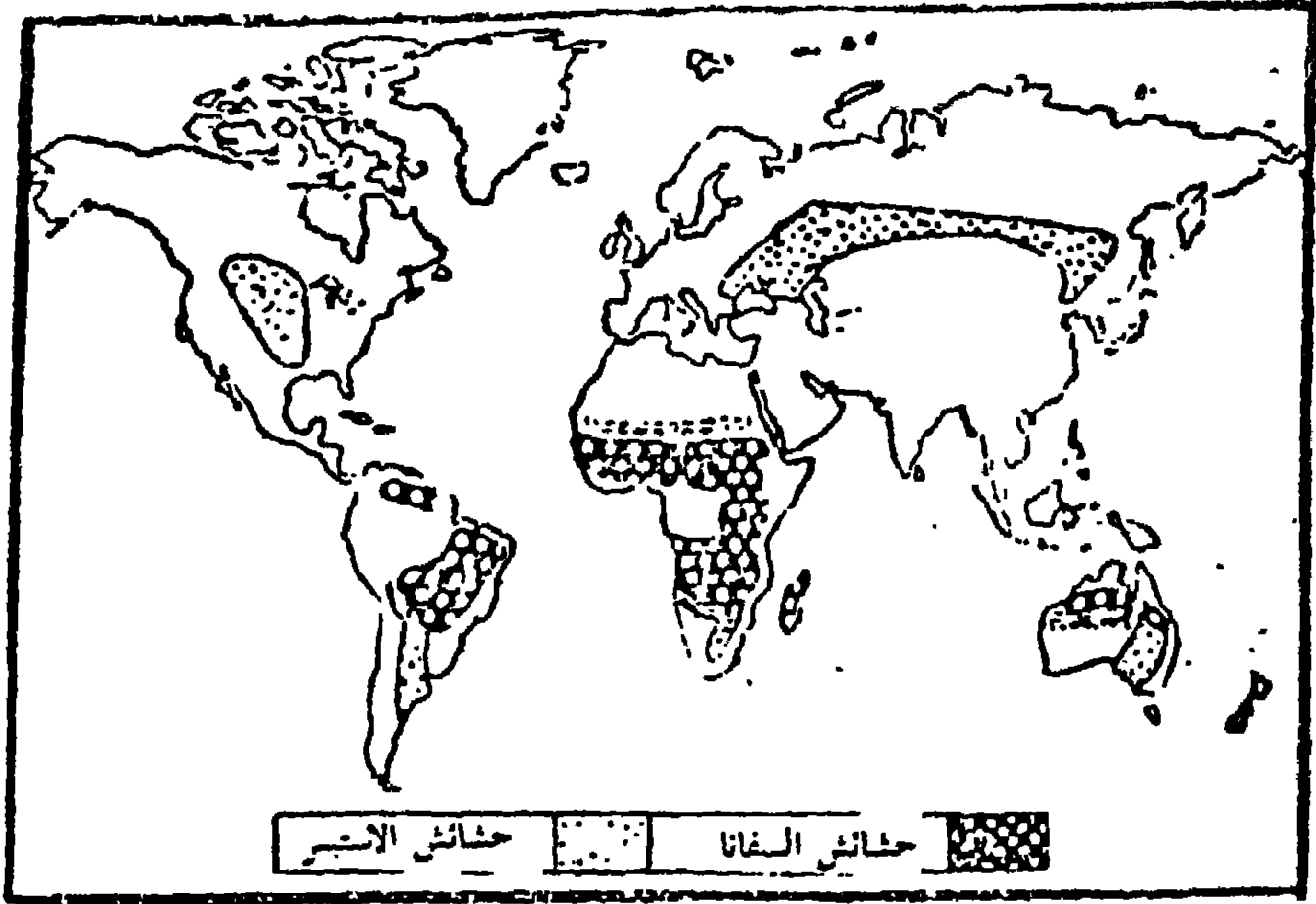
والحيوانات التي تعيش في الغابات المعتدلة الباردة سواء في ذلك الغابات النفضية أو الغابات الصنوبرية قليلة بصفة عامة، وهي تشمل بعض أنواع الطيور التي تعيش على الفاكهة أو على ماتلتقطه من الحشرات ، ثم بعض الحيوانات القارضة « Rodents » مثل السنجاب ، الذي يعيش على الحبوب الجافة والأرانب التي تعيش على الحشائش ، ثم بعض القطط المتوحشة والثعالب

والديبة والذئب ، كما يعيش بها نوع ضخم من الغزال يطلق عليه اسم « Moose » أو « Elk » . وتوجد هذه الحيوانات بصفة خاصة في غابات شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية .

والى جانب حرفة قطع الأشجار وتصدير أخشابها ، وهى من أهم الحرف التى يقوم بها السكان فى أقاليم الغابات الصنوبرية ، توجد كذلك حرف أخرى مهمة منها حرفة صيد الحيوانات ذات الفراء مثل الثعالب والأرانب ، كما توجد بعض الصناعات المهمة مثل صناعة عيدان الثقاب وصناعة الورق من لب الخشب ، وتزرع فى هذه المناطق كذلك بعض المحصولات التى أهمها الشعير والشوفان والقمح وذلك فى الأماكن التى أزيلت منها الغابات .

١٤ - ٢ - ٢ - الحشائش DRASSLANDS

تغطى الحشائش مساحات واسعة جدا من سطح اليابس ، وذلك فى المناطق التى تسقط بها كمية من الأمطار تزيد على أمطار الجهات الصحراوية ولكنها لا تكفى لنمو الأشجار ، وأصلح أنواع المناخ لظهورها هى التى يوجد بها فصل نمو دافئ ومطر وفصل آخر يتوقف أثناءه نمو معظم النباتات ، سواء بسبب انقطاع الأمطار أو بسبب انخفاض درجة الحرارة عن صفر النمو (٠°) (أنظر شكل ١١٩) ، والحشائش فى جملتها من النباتات الحولية أو الفصلية التى تنهى حياتها أو يتوقف نموها بانتهاء فصل النمو ولكنها تعود للظهور والنمو من جديد بمجرد ابتداء فصل النمو التالى ، ولهذا نجد أن سطح الأرض يكون فى فترة من السنة مغطى بطبقة من الحشائش الخضراء وفى فترة أخرى يبدو قاحلا مجدها . وتختلف الحشائش فى كثافتها من منطقة إلى أخرى تبعا لكمية الأمطار التى تسقط خلال فصل النمو ، وهناك نوعان رئيسيان من الحشائش هما : ١ - السفانا أو حشائش الأقاليم المدارية ، ٢ - الاستبس أو حشائش الأقاليم المعتدلة . ولكن يلاحظ أن كلمة استبس تستخدم فى الوقت الحاضر (خصوصا فى أمريكا) للإشارة على الحشائش الفقيرة فقط ، سواء منها ما ينمو فى الأقاليم المعتدلة أو ما ينمو فى الأقاليم المدارية على أطراف السفانا من ناحية



شكل (١١٩) مناطق الحشائش في العالم .

الصحراء ، بينما يطلق اسم البراري على الحشائش المعتدلة الغنية نسبيا كما سنرى فيما بعد .

١٤ - ٢ - ٢ - ١ - السافانا (الحشائش المدارية)

وصفها وتوزيعها الجغرافي : تعتبر السافانا المظهر النباتي الرئيسي في الأقاليم المدارية الحارة ، التي تسقط كل أمطارها تقريبا في فترة يتراوح طولها بين ٤ و ٦ أشهر في نصف السنة الصيفي ، ولكنها لا تكون كافية لنمو الغابات ، وهي تمثل بصفة خاصة في قارة إفريقيا ، حيث يتكون منها نطاقان عظيمان يمتدان معظم الأجزاء الداخلية للقارة ، ويمتد أحدهما إلى الشمال من الغابات المدارية ، بينما يمتد الثاني إلى الجنوب منها ويتصل النطاقان عبر الهضبة الشرقية الاستوائية ، التي لا تساعد ظروفها على نمو الغابات الكثيفة بسبب قلة أمطارها بالنسبة للأقاليم الاستوائية الأخرى ، التي تمتد إلى الغرب منها والتي تمثل بصفة خاصة في حوض الكونغو .

وتظهر السفانا كذلك في أمريكا الجنوبية في منطقتين تشمل الأولى منهما معظم هضبة البرازيل إلى الجنوب مباشرة من نطاق الغابات المدارية المطيرة في حوض الأمزون ، وتشتهر السفانا هنا باسم الكامبوس « Campos » ، أما المنطقة الثانية فتوجد إلى الشمال من نطاق الغابات وتشمل حوض الأورينوكو ومعظم مرتفعات جيانا ، وهذه المنطقة هي التي تشتهر باسم اللانوس « Llanos » ، وتوجد السفانا فضلا عن ذلك في استراليا حيث تشمل نطاقا يفصل بين إقليم الغابات الموسمية في الشمال والأقاليم الصحراوية في الوسط ، كما أنها تنمو في بعض جهات هضبة الدكن وجنوب شرق آسيا .

وتتكون السفانا عموما من أعشاب كثيفة تنمو بها أشجار قصيرة متفرقة تتزايد كلما اقتربنا من خط الاستواء تبعا لتزايد كمية الأمطار وطول الفصل المطير ، ولهذا فإن الانتقال بين الغابات المدارية والسفانا يكون غالبا تدريجيا حتى أنه يصعب إيجاد حد فاصل بينهما ، وعلى العكس من ذلك تتضاءل الحشائش وتتناقص الأشجار كلما بعدنا عن خط الاستواء تبعا لتناقص الأمطار وتناقص طول الفصل المطير ، حتى نصل إلى نطاق شبه صحراوي لا تنمو فيه إلا حشائش قصيرة من نوع الاستيس ، ولانكاد تنمو به أشجار تذكر، وأخيرا نصل إلى النطاق الصحراوي الجاف الذي تمثله الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا وصحراء كلهاري وناميبيا في جنوبها .

وحشائش السفانا في جملتها من الأنواع الخشنة ذات الأوراق النصلية الطويلة ، وهي تبدأ في النمو بسرعة عظيمة بمجرد أن يبدأ الفصل المطير ، وقد يصل ارتفاعها في هذا الفصل إلى ٧ أمتار في بعض الجهات ، ولو أنه يتراوح في الغالب ما بين مترين وأربعة ، ويكون اختراق المنطقة عندئذ امرا غاية في الصعوبة ، أما في فصل الجفاف فيختلف الحال عن ذلك تماما لأن الحشائش سرعان ما تذبل وتجف بمجرد انقطاع الأمطار ، ويتحول سطح الأرض إلى مساحات شاسعة جرداء تغطيها طبقة من الحشائش الجافة ويستمر الحال على ذلك حتى يبدأ موسم المطر من جديد .

والأشجار التي تنمو في أقاليم السفانا معظمها من النوع النفضي ، وكثير منها يتميز بأوراقه الشوكية التي تساعد على تحمل الجفاف وقد توجد كذلك أشجار قليلة دائمة الخضرة تغطي أوراقها بطبقة جلدية غير مسامية كما تغلف جذوعها بقشور سميكة . والصفة الغالبة على الأشجار هي أنها تكون أشبه بالمظلات وربما كان ذلك راجعا إلى تباعدها وتعرض هذه الأقاليم لهبوب الرياح التجارية التي تهب بقوة في معظم شهور السنة ، مما يعاكس نمو الفروع إلى أعلى فضلا عن أن الشجرة التي تأخذ شكل المظلة تكون غالبا أقدر على مواجهة الرياح القوية من غيرها (أنظر شكل ١٢٠) .

الحياة الحيوانية : تختلف حيوانات السفانا عن حيوانات الغابات المدارية المطيرة من بعض الوجوه ، فبينما تتكون معظم الحياة الحيوانية في الغابات المطيرة من أنواع لها القدرة على التسلق وتقضي كل حياتها تقريبا فوق الأشجار وتتغذى على ثمارها نجد أن حيوانات السفانا معظمها من الأنواع البرية التي تتغذى على الحشائش ، ومن أهمها الجاموس والبقرة الوحشية « Antelope » والحمار الوحشي « Zebra » والخرتيت « Rhinoceros » والزراف والغزال والفيل ، ثم الكانجارو الذي لا يوجد إلا في أستراليا ، وهناك كذلك بعض الحيوانات المفترسة مثل الأسد والثور والفهد وهي تتغذى على لحوم غيرها



شكل (١٢٠) منظر للسفانا في روديسيا ، (لاحظ شكل الأشجار الذي يشبه المظلات)

من الحيوانات الأضعف منها . وبالأحرز أن معظم هذه الحيوانات كثير التنقل بحثا عن الماء والغذاء ، فالحيوانات التي تتغذى على الحشائش تضطر في كثير من الأحيان للهجرة في فصل إقطاع الأمطار إلى نطاق الغابات بسبب جفاف حشائش السفانا فتتنقل وراءها بالحيوانات الأخرى المفترسة .

وتعيش في السفانا كذلك كثير من الحشرات والديدان التي تكثر بصفة خاصة في الفصل المطير ، كما توجد بعض الحيوانات القارضة التي تعيش في مساكن تحفرها لنفسها في الأرض ولا تخرج منها إلا ليلا لكي تتفادى الحيوانات المفترسة ، وتعيش هنا أيضا بعض الطيور المتوطنة التي لاتعرف الهجرة والانتقال ، وهي تتغذى على الحشرات والسحالي ، وتعتبر النعامة من أهم هذه الطيور ، ولكن يلاحظ أنها فقدت القدرة على الطيران بعد أن تطورت أجنحتها وأصبحت صغيرة بدرجة لاتتناسب مع حجم جسمها ، ولكنها تتميز في نفس الوقت بسرعة العدو ، ويساعدها على ذلك قوة سيقانها .

المستقبل الاقتصادي للسفانا : ليس من شك في أن حرفة الرعى هي أوسع الحرف انتشارا في الوقت الحاضر في أقاليم السفانا ، حيث يقوم السكان بتربية قطعان عظيمة من الأبقار ، ولكنهم لا يتبعون في تربيتها أساليب علمية منظمة ، ولهذا فإن اللحوم التي تنتج هنا معظمها من الأنواع الرديئة التي ليست لها قيمة كبيرة في التجارة العالمية ، إلا أن الدول الاستعمارية بدأت تهتم اهتماما كبيرا باستغلال هذه الأقاليم ، سواء بتنظيم حرفة الرعى فيها أو بتحويل بعض أراضيها إلى حقول لإنتاج الغلات المدارية التي يمكن أن تجود فيها مثل الذرة والبقول السوداني والقطن وقصب السكر ، وقد استطاعت كل من إنجلترا وفرنسا أن تستغل بالفعل مساحات كبيرة من السفانا الإفريقية لإنتاج هذه الغلات ، ولاتزال توجد رغم ذلك بعض العقبات التي تحول دون سرعة التوسع في هذا الاستغلال ، ومن أهمها قلة الأيدي العاملة وصعوبة المواصلات . وإلى جانب الرعى والزراعة يقوم سكان السفانا كذلك بصيد الحيوانات المختلفة التي تعيش فيها مثل الفيل الذي يتجهزون في منه ، ثم الثور والقطط المتوحشة وغيرها من

الحيوانات التى جلبودها بعض الأهمية التجارية ، وقد ترتب على نشاط عمليات الصيد فى هذه المناطق وتحويل كثير من أراضيها للزراعة أن أخذت أعداد الحيوانات البرية فيها فى التناقص مما حدى ببعض الدول الواقعة فى مناطق السفانا والغابات المدارية إلى أن تحدد مناطق خاصة تحيا فيها الحيوانات البرية حياتها الطبيعية ويقيد فيها صيدها . وتوجد بعض هذه المناطق فى السودان وكينيا وغيرها من الدول الإفريقية . وهذه هى المناطق التى تعرف باسم Game Reserves .

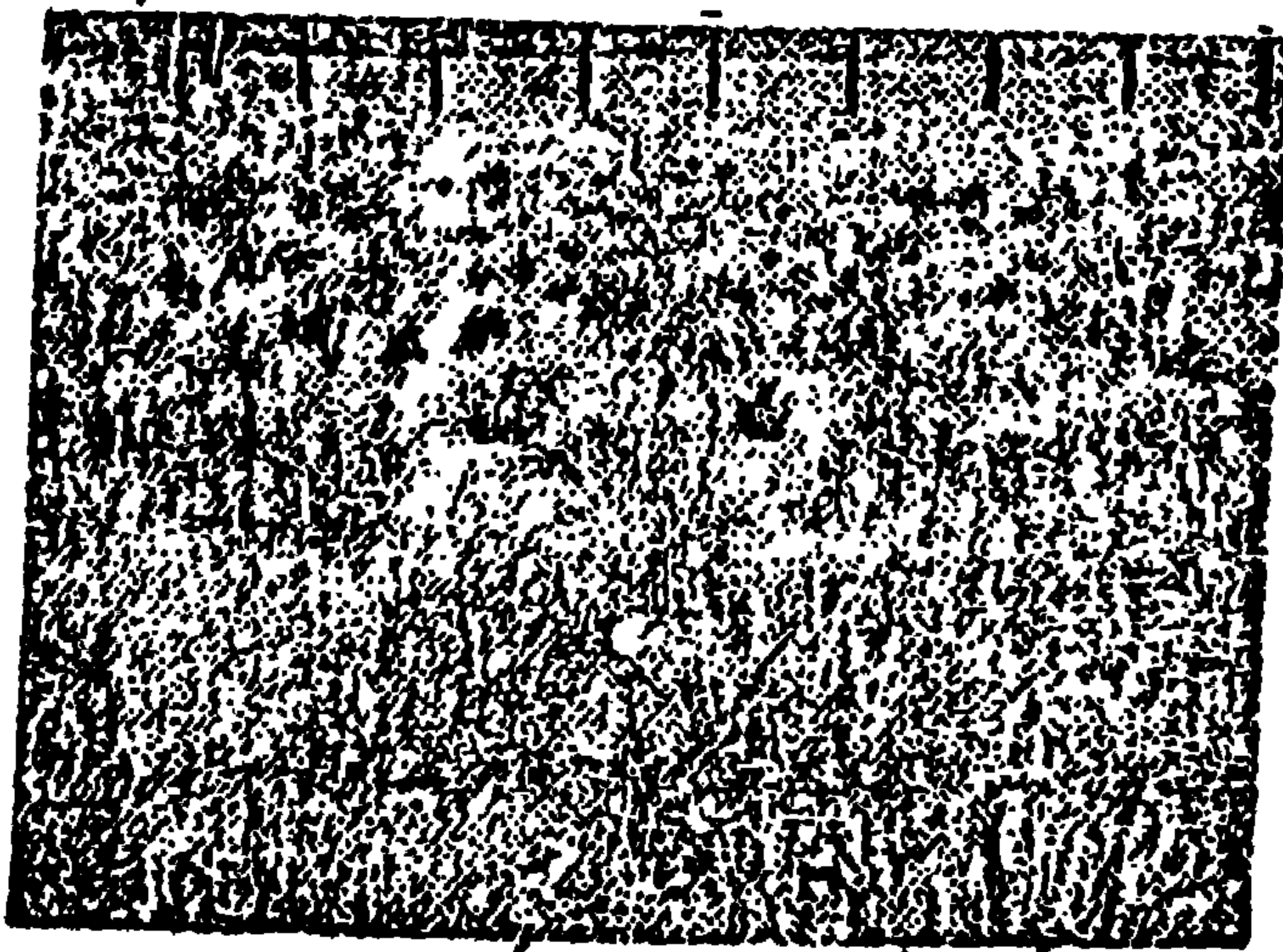
١٤-٢-٢-٢- الأستبس (حشائش العروض المتوسطة) :

وصفها وتوزيعها الجغرافى : كان اسم الاستبس يطلق بمعناه الأصيل على الحشائش التى تغطى مساحات واسعة فى داخل القارات فى العروض المتوسطة ، ولكنه أصبح فى الوقت الحاضر يضم كذلك نطاقات أخرى من الحشائش الموجودة فى العروض المدارية بين نطاقات السفانا من ناحية والصحارى الحارة من ناحية أخرى . وقد سبق أن أوضحنا ذلك عند شرح التقسيم المناخى الذى اقترحه كوبن . وسيكون كلامنا هنا مركزا على أى حال على استبس العروض المتوسطة . وهى فى الواقع أعظم مناطق الاستبس اتساعا وأهمها من حيث تنوع مظاهر استغلالها الاقتصادى فى الوقت الحاضر . وهى تتميز بأن حشائشها أقصر وأكثر اخضراراً وليونة من حشائش السفانا والاستبس الحار مما يجعلها أصلح منها لتغذية الماشية .

ومن الناحية المناخية نلاحظ أن مناخ السفانا والاستبس كلاهما قارى وأن أمطارهما تسقط فى نصف السنة الصيفى . إلا أن أمطار الاستبس أقل نوعاً ما من أمطار السفانا ، فبينما يبلغ معدل أمطار السفانا حوالى ١٠٠ سنتيمتر أو أكثر نجد أن معدل أمطار الاستبس يندر أن يزيد على ٧٥ سنتيمتراً . وفيما يختص بدرجة الحرارة نجد أنها يندر أن تنخفض فى أقاليم السفانا عن ٢١° مئوية فى أى شهر من الشهور ، أما أقاليم الاستبس فعلى الرغم من أنها تكون شديدة الحرارة فى فصل الصيف فإنها تكون شديدة البرودة فى فصل الشتاء الذى

ينخفض المعدل اليومي لدرجة الحرارة أثناءه إلى أقل من 6°C ، وقد ينخفض في بعض الجهات إلى مادون درجة التجمد فيغطي سطح الأرض بالجليد . وفي هذا الفصل تجف معظم الحشائش وتموت نهائيا أو تبقى في حالة سكون حتى بداية الفصل الدافئ الذي يتفق مع فصل سقوط الأمطار .

وتتباين الحشائش المعتدلة في كثافتها من جهة إلى أخرى على حسب كميات الأمطار ، وعلى هذا الأساس يقسم بعض الجغرافيين^(١) المناطق التي تنمو فيها الحشائش إلى نوعين : هما ١ - البراري ويقصد بها المناطق التي تنمو بها حشائش كثيفة مرتفعة تختلط بها أحيانا بعض الأشجار ، وتتراوح كمية المطر السنوي فيها ما بين ٧٥ و ١٠٠ سنتيمتر ، ومن أحسن الأمثلة عليها تلك المنطقة المعروفة باسم البراري في وسط أمريكا الشمالية ، ٢ - الاستبس ويقصد بها المناطق التي تنطويها حشائش فقيرة نسبيا ، ويكون ذلك في الأقاليم التي تتراوح أمطارها بين ٢٥ و ٥٠ سنتيمترا ، وهي تخلو تماما من الأشجار ، وفي بعض هذه المناطق يغطي سطح الأرض بخصل أو مجموعات متفرقة من الحشائش شكل (١٢١) ، بينما ينمو في بعضها الآخر غطاء متصل من الحشائش القصيرة .



شكل (١٢١) حشائش الاستبس

^(١) Finch, V.C., & Trewartha, C. « Physical Elements of Geography, » 3 rd ed. 1949, P.

وتغطي الحشائش المعتدلة مساحات واسعة في القارات المختلفة ، ففي أوراسيا نجد أنها تنتشر في معظم دول شرق أوروبا وجنوب روسيا وغرب آسيا ، وهي تتدرج من إقليم الغابات النفضية في الغرب ومن إقليم الغابات الصنوبرية في الشمال ، وتتناقص كثافتها كلما اتجهنا شرقا تبعا لتناقص الأمطار حتى تنتهي في صحارى وسط آسيا ، ولكنها تعود للظهور مرة أخرى في منشوريا ، وهي تظهر فضلا عن ذلك في مساحات واسعة نسييا في بعض دول حوض البحر المتوسط خصوصا في إيطاليا وإسبانيا . وفي إفريقية نجد أنها تنمو في القسم الجنوبي من هضبة إفريقية الجنوبية إلى الشرق من صحراء كلهاري ، ومنها الحشائش التي تنمو على هضاب الفلد والتي اشتهرت باسمها هذه الهضاب . وفي استراليا تنمو هذه الحشائش في السهول الوسطى في حوض نهر مري — دارلنج ، وتتناقص كثافتها كلما اتجهنا غربا حتى تنتهي في النطاق الصحراوي الذي يشمل معظم وسط القارة . وإذا انتقلنا إلى العالم الجديد نجد أنها تشغل معظم السهول الوسطى في الولايات المتحدة وجنوب كندا ، وتتناقص كثافتها كلما اتجهنا غربا تبعا لتناقص الأمطار ، ولهذا فمن الممكن أن نقسمها إلى قسمين هما : ١ — إقليم البراري في وسط الولايات المتحدة وجنوب كندا، وهو يمتاز بعلو حشائشه وكثافتها وكثرة الأزهار التي توجد بها ، ويعتبر خط طول ١٠٠° غربا الحد الغربي لهذا الإقليم على وجه التقريب ، ٢ — إقليم الاستبس الذي تغطيه حشائش فقيرة نسييا ، ويمتد إلى الغرب من ذلك حتى ينتهي عند المنحدرات الشرقية لجبال روكي .

ولكن يلاحظ أن مساحات واسعة من منطقة الحشائش المعتدلة في جميع القارات تقريبا قد حولت إلى حقول زراعية لإنتاج بعض الغلات التي من أهمها الحبوب الغذائية مثل القمح .

القيمة الاقتصادية : ليس من شك في أن مناطق الحشائش المعتدلة تعتبر في الوقت الحاضر أعظم مناطق إنتاج اللحوم في العالم ، بل إنها أصبحت كذلك أعظم مناطق إنتاج القمح وبعض الحبوب الغذائية الأخرى وقد ساعد على ذلك

عدة عوامل أهمها : ١- في الشمال مناخها وملاءمتها نمو الحشائش والمحاصيل الزراعية ٢- كثرة المياه الجوفية والحشائش الغزيرة الماشية والأغنام ٣- وجود معظمها في دول متحضرة يمكنها أن تحسن الاستفادة من جودة التربة في معظم مناطقها .

وقد قرب على قرب مراعى أوروبا وأمريكا الشمالية عن مراكر الضباعة وازدحام السكان بالقارتين ، وشدة الحاجة إلى الحبوب الغذائية أن تحولت مساحات واسعة منها إلى حقول زراعية ، ففي الولايات المتحدة مثلا نجد أن معظم البرارى التى فى القسم الشرقى من السهول الوسطى أصبحت فى الوقت الحاضر من أعظم مناطق إنتاج القمح والذرة فى العالم ، وقد بدأت الزراعة تنتشر فى هذه السهول منذ أواخر القرن الثامن عشر ، فقد كان سكان البلاد القليلون وقتئذ يتشرون فى الولايات الشرقية بالقرب من ساحل المحيط الأطلسى .

وكان رعى الماشية موجودا جنبا إلى جنب مع الزراعة فى نفس هذه الولايات ، إلا أن السكان أخذوا فى التزايد بسرعة وترتب على ذلك أمران هما : أولاهما زيادة الاهتمام باستغلال أراضي الولايات الشرقية لإنتاج الزراعى ، فأخذت المناطق التى كانت مخصصة لرعى الماشية فى التناقص حتى اختفت حرفة الرعى تماما من هذه الولايات ، ثانيا - هاجر الرعاة نحو الغرب إلى السهول الوسطى ، إلا أن التوسع الزراعى مالبث أن امتد إلى هذه السهول أيضا مما أدى إلى تزحف حرفة الرعى مرة أخرى نحو الغرب حتى استقرت فى نطاق الاستبس فى القسم الغربى من السهول الوسطى وعلى المضارب شبه الجافة إلى الشرق من جبال روكى مباشرة ، ونظرا لأن هذه المراعى فقيرة نسبيا فإن المواشى التى تربي عليها تكون غالبا هزيلة ، ولذلك فإنها تنقل إلى المناطق الزراعية فى الشرق حيث تعلق على الذرة فترة من الوقت لتسمينها قبل ذبحها .

وما حدث فى أمريكا قد حدث ما يشبهه إلى حد كبير فى أوروبا ، حيث حولت كثير من مناطق الرعى فى وسط وشرق أوروبا إلى حقول زراعية ولهذا

فقد تفرحت حرفة الرعى نحو الشرق وأصبحت تتمركز في الوقت الحاضر في مراعى وسط وغرب آسيا ، بينما أصبحت أوكرانيا وجنوب روسيا من أعظم مناطق إنتاج القمح في العالم .

أما أمريكا الجنوبية وإفريقية وأستراليا فإن نسبة ماحول من مناطق الحشائش المعتدلة فيها للإنتاج الزراعى لا تزال أقل منها في أوروبا وأمريكا الشمالية ولا تزال حرفة الرعى هي السائدة في كل منها .

وأهم الحيوانات التى تربي فى المراعى المعتدلة هي الأبقار والأغنام ، وترعى الأبقار عادة في مناطق البرارى الغنية ، أما الأغنام فترعى في المناطق الفقيرة نسبيا ، وتشتهر مراعى أستراليا ونيوزيلندا بصفة خاصة بتربية الأغنام التى تربي غالبا من أجل الصوف ، الذى تعتبر أستراليا أكبر الدول المصدرة له في العالم ، أما مراعى الأرجنتين وأمريكا الشمالية فتسود فيها تربية الماشية على تربية الأغنام ، وتعتبر الخيول كذلك من حيوانات المراعى المعتدلة ، وتكثر تربيتها بصفة خاصة في مراعى آسيا .

الحيوانات غير المستأنسة : بصرف النظر عن الحيوانات المستأنسة التى سبق ذكرها والتي تربي لأغراض اقتصادية ، يلاحظ أن مناطق الحشائش تعتبر موطناً لأنواع متعددة من الحيوانات التى يشترك أغلبها في صفات معينة تمكنها من تحمل الظروف الطبيعية السائدة فيها ، ومن أهمها جفاف فصل الشتاء وشدة برودته وقر الحياة النباتية أثناءه ، ولهذا فإن بعض الحيوانات يضطر للهجرة إلى مناطق أخرى ، بينما يضطر البعض الآخر للاعتكاف والراحة التامة في مساكنه حتى يمل فصل الدفء .

وتميل معظم حيوانات هذه المناطق سواء في ذلك الطيور أو الحيوانات الثديية إلى أن تعيش في مجموعات وأن تهاجر في مجموعات كذلك ، وكثيرا ماتضطر للانتقال إلى أماكن بعيدة جدا هربا من البرودة الشديدة أو بحثا عن الماء في فصل الشتاء وتغير أثناء انتقالها على المناطق الزراعية التى تصادفها .

والحيوانات الشدية التي تعيش برها في المراعى المعتدلة أهمها الغزال وبعض الحيوانات القارضة مثل السنجاب البرى والجربوع « Jerboa » والأرانب البرية ، وقد كانت مراعى أمريكا الشمالية تشتهر بوجود نوع من الثيران الوحشية يطلق عليه اسم البيزون « Bison » ويشتهر بسرعة العدو ، وهى ميزة تساعد على الهروب من الذئاب التى توجد بكثرة فى هذه المراعى ، وقد كان البيزون موجودا بكثرة فى الماضى ولكنه كاد ينقرض فى الوقت الحاضر بسبب كثرة اصطياده من جهة وتحول كثير من مناطق الحشائش للإنتاج الزراعى أو الرعوى المنظم من جهة أخرى .

أما الطيور فمن أهمها السمان « Quails » الذى يهاجر فى أواخر الخريف . نحو المناطق الدافئة هربا من برودة فصل الشتاء وبحثا عن الغذاء ، ومنها كذلك المحجل « Partridge » والقنابر (قبرة Lark) ، وبعض الطيور الجارحة مثل النسور .

١٤ - ٢ - ٣ - الصحارى

تعريفها وتوزيعها الجغرافى : يطلق اسم الصحارى على أى إقليم لا تساعد ظروفه الطبيعية على قيام حياة نباتية أو حيوانية تذكر ، ولكن ليس معنى هذا أن الصحراء يجب أن تكون خالية خلوا تماما من الحياة ، إذ أن الصحارى التى من هذا النوع قليلة ، وأغلب الصحارى توجد بها حياة نباتية وحيوانية ولكنها فقيرة جدا .

وتشمل الصحارى مساحات واسعة من اليابس ، وأهمها هى الصحارى المدارية مثل الصحراء الكبرى فى شمال افريقية وامتدادها فى جنوب غرب آسيا وصحراء كنهارى وصحارى وسط وغرب استراليا ، وصحارى أريزونا والمكسيك فى أمريكا الشمالية ، واتيكا فى أمريكا الجنوبية ، ثم الصحارى المعتدلة والباردة التى تشغل مساحات واسعة فى وسط آسيا ما بين بحر قزوين فى الغرب وجبال خنجان فى الشرق .

ونظرا لفقر الحياة النباتية في الأقاليم القطبية التي يغطيها الجليد في معظم شهور السنة فإنها يمكن أن تعتبر كذلك نوعا من الصحارى الباردة ، وهي تشتهر غالبا باسم « التندرا » ، ويمكن أن نضم إليها كذلك الأقاليم التي تكسوها غطاءات جليدية دائمة .

نباتات الصحارى الحارة والمعتدلة :

أهم ما يميز به مناخ الصحارى هو أن أمطاره قليلة جدا بحيث لا تزيد على ٢٥ سنتيمترا في السنة ، وأن المدى اليومي والفصلي لدرجة الحرارة فيه مرتفع جدا ، ويندر أن تحتجب سماء الصحارى بالسحب ، ولهذا فإن اشعة الشمس تكون مسلطة على سطح الأرض طول النهار تقريبا ، ولا يستثنى من ذلك إلا بعض الصحارى الساحلية حيث يكثر ظهور الضباب في ساعات الصباح ، وقد ترتب على هذا النوع من المناخ ظهور حياة نباتية فقيرة تتكون في مجملتها من أنواع يمكنها أن تتحمل الجفاف الشديد أو تتحايّل عليه فمن هذه النباتات ما هو قصير العمر جدا بحيث يستطيع أن يتم حياته أحيانا في فترات لا تزيد على شهر واحد عقب سقوط الأمطار مباشرة ، ثم يموت ويترك بذوره في الأرض حتى تسقط الأمطار مرة أخرى فينمو من جديد ، ومنها ما يخزن الماء في جذوره ، أو في أوراقه وسيقانه كما هو الحال في نبات الصبير « Cactus » ومنها ما يستطيع أن يتعمق بجذوره في الأرض ليستفيد من رطوبتها أو يصل إلى مستوى الماء الباطني في بعض الأحيان .

ويكون هذا النوع الأخير غالبا عبارة عن شجيرات قليلة الارتفاع ذات أوراق شوكية مثل السنط . وتمتاز الصحارى الساحلية بظهور بعض أنواع النباتات التي لها القدرة على امتصاص بخار الماء من الجو ومن الضباب أو من نقط الندى التي تتكون عليها .

وقد تختلف النباتات من بقعة إلى أخرى كذلك تبعا لطبيعة سطح الأرض الذي يكون في بعض الجهات صخرية ، بينما يكون في بعضها الآخر مغطى

بطبقة من الرمال والكثبان الرملية ، أو طبقة من الحصى والزلط ، والجهات الصخرية والحصوية هي في الغالب أفقر الجهات الصحراوية في العالم . وأصلح المواضع لثمو النباتات في الصحراء هي المواضع التي ينخفض مستوى سطحها نسبيا عما حولها حيث تنحدر إليها مياه الأمطار القليلة ، وتكون تربتها غالبا مكونة من المواد الطينية والرملية الناعمة التي تجلبها المياه المنحدرة من الجوانب ، كما تكثر النباتات أيضا حول التلال التي تنحدر على جوانبها مياه الأمطار ، وفي الوديان التي تنحدر فيها مياه السيول ، والدالات التي تكون أحيانا عند نهايات هذه الوديان .

الاستغلال الاقتصادي : بصرف النظر عن رعى قليل من الحيوانات التي لا تحتاج إلى مراعى غنية مثل الماعز والجمال ، تنحصر الأهمية الاقتصادية للصحارى حاليا في ناحيتين هما :

أولا — الزراعة التي تقوم في وديان الأنهار ، أو في الواحات اعتمادا على المياه الباطنية ، أو على مياه الأمطار التي تنحدر على جوانب التلال ، والواحات إما أن تكون في المنخفضات التي يقترب فيها مستوى الماء الباطنى من سطح الأرض كما هي الحال في الواحات التي توجد في صحراء مصر الغربية مثل سيوة والبحرية ومعظم الواحات الأخرى التي توجد في الصحارى المدارية ، أو تنشأ عند قاعدة الجبال التي توجد أحيانا في قلب الصحراء أو على حافاتها ، حيث تكون أمطارها عادة أكثر نسبيا من السهول التي حولها ، ومن أمثلة ذلك الواحات التي توجد حول مرتفعات تيبستى والحجار في الصحراء الكبرى . ومعظم الواحات التي توجد في صحارى وسط آسيا ، والأحواض الصحراوية المحصورة بين سلاسل جبال روكى والإنديز . ويعتبر نخيل البلح من أهم المحاصيل التي تزرع في واحات الصحارى المدارية ، التي تكثر فيها كذلك زراعة الشعير والذرة والزيتون ، أما في الصحارى المعتدلة فتكثر زراعة القمح والشعير وبعض الفواكه مثل الكروم والتفاح والكمثرى .

ثانياً - استغلال الثروة المعدنية التي توجد في بعض الصحارى وخصوصاً
زيت البترول .

حيوانات الصحراء : نظراً لفقر الحياة النباتية في الصحارى فإن الحيوانات
التي يمكن أن تعيش فيها قليلة جداً ، وهي تعيش عادة في الواحات وعلى
الحافات التي تمثل مرحلة الانتقال بينها وبين أقاليم الحشائش المجاورة . وأهم هذه
الحيوانات هي الجمل ذو السنام الواحد والغزال والوعل ، وتوجد كذلك كثير
من الزواحف مثل السحالي والأفاعى وبعض الحيوانات القارضة الصغيرة ،
ومعظمها يختفى بالنهار ولا يظهر إلا في الليل ، كما أن أغلبها يتميز بلونه الذي
لا يختلف كثيراً عن رمال الصحراء ، وهي ميزة تجعل من السهل عليها الاختفاء
من أعدائها .

١٤ - ٢ - ٤ - التندرا

تشمل التندرا نطاقاً عظيم الاتساع في الأصقاع الباردة التي يقصر فيها فصل
النمو بدرجة لا تسمح بقيام حياة نباتية غنية ، وهي تمتد إلى الشمال من نطاق
التايغا الذي سبقت الإشارة إليه ، ويكون الانتقال بينهما تدريجياً بصفة عامة ،
فكلما اتجهنا ناحية القطب قلت كثافة التايغا وتضاءل حجم أشجارها حتى
تصل إلى مناطق يغطيها الجليد في معظم شهور السنة ، ولا يوجد بها إلا فصل
دافئ قصير لا يزيد طوله على ثلاثة أشهر ، ولا يرتفع معدل درجة الحرارة في أي
شهر من شهوره عن ١٠° م ، ولكنه يزيد عن ٦° م في شهر أو شهرين منها .
وفي هذا الفصل تنمو حياة نباتية فقيرة قصيرة العمر تتكون من أعشاب
وطحالب وبعض نباتات ذات أزهار جميلة ، وقد تختلف النباتات من بقعة إلى
أخرى تبعاً لبعض الاختلافات المحلية الخاصة بطبيعة سطح الأرض . ففى
المواقع المنخفضة التي تتحول إلى مستنقعات عند ذوبان الجليد تشمل الحياة
النباتية كثيراً من الطحالب ، « Mosses » وحشائش البحر « Lichens » التي تكثر
كذلك على شواطئ البحار ، أما على المنحدرات التي تتجه نحو الجنوب فتتنمو

كثير من النباتات ذات الأزهار المختلفة لأن هذه المنحدرات تكون أدفأ نسبياً ونصيبها من أشعة الشمس أكبر من نصيب الأراضي المنخفضة أو المنحدرات الشمالية .

وتتميز جميع هذه النباتات بأن جذورها قصيرة . لأن ذوبان الجليد في فصل الصيف يكون غالباً مقصوراً على طبقة سطحية رقيقة من التربة ، بينما تظل التربة السفلية متجمدة ولا تسمح لجذور النباتات بالتعمق فيها .

وتتناقص النباتات بطبيعة الحال كلما اقتربنا من القطب حتى تنتهي تماماً في المناطق التي يغطيها الجليد الدائم ، وهي التي يطلق عليها أحياناً اسم الصحارى الجليدية .

وتشمل الحياة الحيوانية في التندرا بعض أنواع الحيوانات والطيور التي تتميز بمقدرتها على تحمل البرودة ، وتعتبر الرنة « Riendeer » من أهم هذه الحيوانات ، وقد استطاع سكان تندرا أوراسيا أن يستأنسوها ويستخدموها في جر الزحافات التي يستخدمونها في تنقلاتهم . وذلك فضلاً عن أنهم يأكلون لحماً ويستفيدون من جلودها في صناعة ملابسهم وخيامهم ، ويطلق اسم الكاريبو « Caribou » على الرنة التي تعيش في شمال كندا ، وهي لم تستأنس بعد ، ويقوم الإسكيمو الذين يعيشون هنا بصيدها ، وتتغذى الرنة (أو الكاريبو) على العشب الذي يمكنها أن تحصل عليه حتى في فصل الشتاء بأن تكسر بحوافرها وقرونها طبقة الجليد التي تغطيها .

وتعيش في التندرا كذلك بعض الحيوانات المفترسة التي أهمها الدببة والذئاب والثعالب وهي تعتمد في غذائها على الحيوانات الصغيرة التي تنتشر في هذا الإقليم ، ومن أهمها الجرذان والأرانب القطبية ، وبعض هذه الحيوانات مثل الثعالب تمتاز بأن لها فراء ناعماً مما يجعل له قيمة عظيمة من الناحية الاقتصادية ، ولهذا فإن صيدها والاتجار في فرائها يعتبر من الحرف المهمة التي يقوم بها السكان .

ونظرا لفقر التندرا في فصل الشتاء ولأن الأرض تكون مغطاة بالثلوج فان حيواناتها تهاجر إلى نطاق الغابات الصنوبرية في الجنوب بينما يقضى بعضها الآخر معظم أيام هذا الفصل في جحور يخترها تحت الثلوج حيث تكون درجة الحرارة أعلى نسيا منها على السطح .

وتتميز المياه الساحلية في إقليم التندرا بوجود حيوانات خاصة مثل فرس البحر « Seal » والدب القطبي ، وكثير من الطيور البحرية مثل طير البطريق (أو البينجوين P:nguin ونوع من البط يعرف باسم بط الأيدر « Eider » وهو مشهور بريشه الناعم الذي يستخدم بكثرة في حشو الوسائد والألحفة ، وجميع هذه الحيوانات تتغذى على ماتصطاده من أسماك وكائنات بحرية ، ولهذا فانها كثيرة التنقل فوق كتل الجليد التي تطفو فوق البحر .

وسكان التندرا قليلون جدا في الوقت الحاضر ، وهم يعتمدون في حياتهم على حرفتى الصيد والرعى ، ففي شمال كندا مثلا يقوم « الإسكيمو » بصيد حيوان « الكاريو » وسبع البحر ، ويكون ذلك بصفة خاصة في فصل الصيف ، أما في الشتاء فيرحلون نحو الجنوب حيث يقومون بصيد الحيوانات ذات الفراء في الأطراف الشمالية لنطاق الغابات الصنوبرية . أما في شمال شبه جزيرة اسكنديناوة وفنلندة وروسيا فقد استطاعت جماعات اللاب أن تستأنس الرنة وتقوم برعيها وتنقل من مكان إلى آخر بحثا عن المرعى .

١٤ - ٢ - ٥ - نباتات الجبال

تكلمنا في مواضع سابقة على أثر التضاريس في المناخ ، ورأينا أن الجبال لها نوع خاص من المناخ أهم مايميزه هو تناقص درجة الحرارة بصفة عامة كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر ، وقد ترتب على ذلك ظهور أنواع متباينة من النباتات الطبيعية التي تتابع على منحدرات الجبال من أسفل إلى أعلى بطريقة مشابهة لتتابع الأقاليم النباتية على سطح الأرض ما بين خط الاستواء والقطب ، إلا أن هذا التتابع ليس متشابها تماما في جميع الجهات الجبلية في العالم ، حيث أنه

يتأثر بعدة عوامل أخرى غير الارتفاع ، أهمها الموقع بالنسبة لخط العرض واتجاه المنحدرات بالنسبة لسقوط أشعة الشمس أو بالنسبة لاتجاه الرياح المطرة .

فى الأقاليم الحارة تتدرج الحياة النباتية على منحدرات الجبال المرتفعة من أسفل إلى أعلى من الغابات أو الحشائش المدارية إلى الغابات أو الحشائش المعتدلة ثم حشائش التندرا ، وبأخيرا نصل إلى نطاق الثلج الدائم الذى لا يظهر بطبيعة الحال إلا على القمم المرتفعة جدا ، أما فى الأقاليم المعتدلة فيبدأ التدرج من غابات أو حشائش المناطق المعتدلة إلى التندرا ثم منطقة الثلج الدائم .

والارتفاعات التى تبدأ عندها التغيرات النباتية السابقة ليست واحدة فى جميع الأقاليم ، فهى أكثر ارتفاعا فى الأقاليم الحارة منها فى الأقاليم المعتدلة أو الباردة ، كما أنها تكون فى فصل الصيف أكثر ارتفاعا منها فى فصل الشتاء وعلى المنحدرات المواجهة للقطين ، حيث أن ما يصيب الأولى من أشعة الشمس يفوق كثيرا ما يصيب الثانية فى الفصول المختلفة . وتعيش فى المناطق الجبلية أنواع مختلفة من الحيوانات ، بعضها يعيش فى نطاق الغابات وبعضها الآخر فى نطاق الحشائش ومن أمثلة الحيوانات الجبلية التى تعيش فى الغابات بعض أنواع القرود ذات الفراء وهى توجد فى جبال هيمالايا وهضبة التبت ، ثم الدب الأسود والتمر الأرقط « Panther » الذى يمتاز بفرائه الأسود السميك ذى البقع الرمادية ، وهو يوجد بصفة خاصة فى هضبة منغوليا ، أما الحيوانات التى تعيش فى نطاق الحشائش فمن أهمها بعض الحيوانات الثديية مثل التيتل الذى يوجد فى جبال الألب ، والياك (Yak) فى هضبة التبت ، وهو أهم وسيلة لحمل الاثقال والتنقل عند سكان هذه الهضبة ، وهو يشبه فى ذلك حيوان اللاما فى جبال أمريكا الجنوبية ، وتمتاز الحيوانات الثلاثة الأخيرة بأن لها حوافر قوية تساعد على تسلق الجبال ذات المسالك الوعرة .

الملاحق

- ملحق (١) — معدلات الحرارة والمطر لبعض المحطات التي توضح الأنواع المناخية المختلفة في تقسيم كوبن .
- ملحق (٢) — تحويل الدرجات المئوية إلى درجات فهرنهايت .
- ملحق (٣) — التحويل من سنتيمترات إلى بوصات .
- ملحق (٤) — معدلات الحرارة والمطر في بعض محطات الدول العربية

ملحق (١) معدلات الحرارة والمطر لبعض المحطات التي توضح
الأنواع المناخية المختلفة في تقسيم كوبن

أولا - أمثلة أنواع المناخ «A»

الارتفاع بالأمتار	خط العرض وخط الطول		
٣	١° ش - ١٠.٤° ق	١ - سنغافورة	At
٧	٤° ش - ١٠° ق	٢ - دوالا (الكامرون)	
٦	١٧ ش - ٩٧ ق	٣ - رانجون (برما)	Am
١٤	١٥ ش - ١٢١ ق	٤ - مانيل (الفلبين)	
٤٦٨	١٢ ش - ٨ ق	٥ - كانو (نيجيريا)	Aw
٣٩٠	١٠ ش - ٣١ ق	٦ - المالاكال (السودان)	

ثانيا - أمثلة أنواع المناخ «B»

٤٣	٣٣ ش - ١١٥ غ	٧ - يوما (أريزونا)	BWh
٢٨٠	٢٧ ش - ٢ ق	٨ - عين صالح (الجزائر)	
٣٤	٣٣ ش - ٤٤ ق	٩ - بغداد	BWk
٢٦	٥٠ ج - ٦٩ غ	١٠ - مانا كروز (باتاغونيا)	
٢٧٠	١٧ ش - ٣ غ	١١ - تمبوكتو (مالي)	BSh
٧٢٦	١٤ ش - ٢٥ ق	١٢ - الفاشر (السودان)	
١١٥١	٣٦ ش - ٥٢ ق	١٣ - طهران	BSk
١١٩٠	٢٩ ج - ٢٥ ق	١٤ - كيمبلي (جنوب أفريقيا)	

ثالثا - أمثلة أنواع المناخ «C»

١٥	٣٣ ش - ٨٠ غ	١٥ - شارلسون (الولايات المتحدة)	Cfa
٥٣	٣٤ ج - ٢٦ غ	١٦ - بورت الزايث (جنوب أفريقيا)	
٧٥	٤٥ ش - ٣٨ غ	١٧ - بوردو (فرنسا)	Cfb
١٣٠	٥٤ ش - ٢١ ق	١٨ - وارسو (بولندا)	
١٦	٦٤ ش - ٢٢ غ	١٩ - ريكيايك (أيسلندا)	Cfc.
٢	٥٨ ش - ١٣٧ غ	٢٠ - كودياك (الاسكا)	
١٠٩	٢٢ ش - ١١٤ ق	٢١ - هنج كونج	Cwa
١٤٤٠	١٨ ج - ٣١ ق	٢٢ - سولزبري (جنوب أفريقيا)	
٢٤٣٩	٩ ش - ٣٩ ق	٢٣ - أديس ابابا	Cwb
٢٢٩٥	١٩ ش - ٩٩ غ	٢٤ - مكسكو سيتي (المكسيك)	
٢٢	٣٧ ش - ٣ ق	٢٥ - الجزائر	Csa
٤٩٠	٤١ ش - ٦٩ ق	٢٦ - طشقند (الاتحاد السوفيتي)	

١١٠	٢٤ ش - ١١٨ غ	٢٧ - لوس انجلس (الولايات المتحدة)	Csb
١٣	٢٤ ح - ١٨ ق	٢٨ - كيب تاون (جنوب افريقيا)	
رابعا - أمثلة أنواع المناخ « D »			
١٧٠	٤٢ ش - ٨٧ غ	٢٩ - شيكاغو (الولايات المتحدة)	Dfa
١٣٠	٤٨ ش - ١٩ ق	٣٠ - بودابست (المجر)	
١٤٦	٥٦ ش - ٣٧ ق	٣١ - موسكو (الاتحاد السوفيتي)	Dfb
٨٨	٤٥ ش - ٦٤ غ	٣٢ - هليفاكسي (كندا)	
٦	٦٤ ش - ٤١ ق	٣٣ - اركانجيل (الاتحاد السوفيتي)	Dfc
١٢	٦٨ ش - ٨٧ ق	٣٤ - ايجاركا (الاتحاد السوفيتي)	Dfd
٤٤	٤٢ ش - ١٢٤ ق	٣٥ - مكدن (منشوريا)	Dwa
١٥	٤٣ ش - ١٣٢ ق	٣٦ - فلاديفوستوك (الاتحاد السوفيتي)	Dwb
٤٩٠	٥٢ ش - ١٠٤ ق	٣٧ - اركوتسك (الاتحاد السوفيتي)	Dwc
٢٣٠	٦٨ ش - ١٣٤ ق	٣٨ - فرخوبانسك (الاتحاد السوفيتي)	Dwd

معدلات الحرارة والمطر في المحطات المذكورة مرتبة بنفس أرقامها .

السطر الاول : معدلات الحسيرة بالدرجات المئوية (١) .

السطر الثاني : معدلات الطفر بالستيمترات .

رقم المحطة	أب	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط	ي	ك	ل	م	ن	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	وعام المراه
١	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧
Af	٢٦	٢٥	٢٠	١٧	٢١	١٧	١٧	١٨	١٧	١٦	١٥	٢١						٢٣٠
٢	٢٦	٢٥	٢٤	٢٤	٢٤	٢٤	٢٥	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧						٢
	٧	١٦	٤٣	٥٣	٦٩	٧١	٥٤	٣٠	٧٢	٢٠	١٠	٥						٤٠٢
٣	٢٥	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٣٠	٢٩	٢٦	٢٥						٦
Am	١	٧	١٩	٣٩	٥٠	٥١	١٨	٣١	٣	١	١	١						٢٥٧
٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥						٣
	٨	١٣	١٧	٣٦	٤١	٤٤	٢٣	١١	٣	٢	١	٢						٢٠١
٥	٢٣	٢٥	٢٧	٢٧	٢٦	٢٦	٢٨	٣١	٣٢	٢٨	٢٤	٢٢						١٠
Aw			١٤	١٥	٣٢	٢١	١٢	٥	١									١٠٠
٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧	٢٩	٣١	٣١	٢٨	٢٧						٥
		١	٨	١٤	١٨	١٧	١٣	٨	٣	١								٨٣
٧	١٤	١٩	٢٧	٢٢	٢٦	٢٧	٣٥	٢٩	٢٥	٢٠	١٦	١٣						٧٤
BWh																		—
٨	١٧	٢٣	٢٨	٣١	٣٢	٣٢	٣٢	٣١	٢٧	٢٢	١٧	١٦						١٦
																		—
٩	١١	١٧	٢٤	٣١	٣٤	٣٤	٣٢	٢٨	٢٢	١٦	١١	٩						٢٥
BWk	٢	٢						١	١	١	٣	٣						١٥
١٠	١٣	١٣	٩	٦	٣	١	١	٥	٩	١٢	١٤	١٦						١٥
	١	١	١							١	١	١						٦
١١	٢٢	٢٧	٣١	٣٢	٣١	٣٢	٣٤	٣٢	٢٨	٢٢	٢٢	٢٢						١٢
BSh			٣	٣	٧	٧	٢	١										٢٣
١٢	٢١	٢١	٢٨	٢٨	٢٧	٢٨	٣١	٣٠	٢٨	٢٦	٢٢	٢١						١٠
			١	٣	١٣	١٠	٢	١										٣٠
١٣	٦	١١	١٩	٢٥	٢٨	٢٩	٢٧	٢٢	١٦	٩	٦	١						٢٨
BSk	٣	٢	١					١	٤	٥	٣	٤						٧٤
١٤	٢٤	٢٧	٢٠	١٦	١٣	١٠	١١	١٣	١٨	٢٢	٢٤	٢٥						١٥
	٥	٤	٢	٢	١			٢	٤	٨	٦	٦						٤١

١ - لتحويل الدرجات المثوية إلى درجات فهرسية

والستيمترات إلى بوهيات راجع الملحقين ٢ و ٣.

رقم المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	مجموع المطر	الحرارى المدى
١٥ Cfa	١٠	١١	١١	١٢	١٨	٢٣	٢٦	٢٨	٢٧	٢٥	٢٠	١٢	١١	٦٠
١٦	٦	٨	٧	٦	٨	١٠	١٠	١٠	١١	٧	٥	٦	١٩	١٠٤
١٧ Cfb	٥	٦	٦	٦	١٠	١٢	١٥	١٨	٢١	١٩	١٤	٦	١٦	١٦
١٨	٣	٣	٣	٣	٥	٧	٧	٨	٧	٥	٤	٤	٢٢	٥٧
١٩ Cfc	مفر	٢	٢	٢	٤	٧	٩	١١	١١	٨	٤	٢	مفر	١١
٢٠	١٠	٨	٧	٦	٥	٥	٥	٥	٥	٩	١٠	٩	٨٨	٨٨
٢١ Cwa	١٢	١٢	١٠	١٠	١٣	١٧	١٢	١٢	١٤	١٩	١٥	١٦	١٦٥	١٦٥
٢٢	٣	٤	٤	٤	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٤	٣	٢١٥	٢١٥
٢٣ Cwb	١٦	١٧	١٨	١٨	١٩	١٨	١٨	١٧	١٦	١٦	١٧	١٥	٤	٤
٢٤	١	٤	٧	٩	٩	١٢	١٤	١٤	١٣	١٠	٢	١	١٢٦	١٢٦
٢٥ Csa	١٢	١٣	١٤	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	٢٠	٢٤	٢٠	١٧	١٤	١٤
٢٦	١١	٩	٩	٦	٣	٢	٢	٢	٢	١	٣	١٢	٧٨	٧٨
٢٧ Csb	١٢	١٣	١٤	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	٢٠	٢٤	٢٠	١٧	١٤	١٤
٢٨	١١	٩	٩	٦	٣	٢	٢	٢	٢	١	٣	١٢	٧٨	٧٨
٢٩ Dfa	٤	٤	٤	٤	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٤	٣	٢٨	٢٨
٣٠	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١٧	١٧
٣١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١٧	١٧

[illegible]

ملحق (٢) تحويل الدرجات المثوية إلى درجات فهرسية .

ف	م	ف	م	ف	م	ف	م
٨١	٢٧,٢	١٠٠,٤	٢٨	١١٦,٧٠	٤٨,٧٠	١٤٠	٦٠
٨٠,٦	٢٧	١٠٠	٢٧,٧	١١٦	٤٨,٣	١٣٩	٥٩,٤
٨٠	٢٦,٦	٩٩,٥	٢٧,٥	١١٨,٤	٤٨	١٣٨,٢	٥٩
٧٩,٢٥	٢٦,٢٥	٩٩	٢٧,٢	١١٨	٤٧,٧	١٣٨	٥٨,٨
٧٩	٢٦,١	٩٨,٦	٢٧	١١٧,٥	٤٧,٥	١٣٧	٥٨,٣
٧٨,٨	٢٦	٩٨	٢٦,٦	١١٧	٤٧,٢	١٣٦,٤	٥٨
٧٨	٢٥,٥	٩٧,٢٥	٢٦,٢٥	١١٦,٦	٤٧	١٣٦	٥٧,٧
٧٧	٢٥	٩٧	٢٦,١	١١٦	٤٦,٦	١٣٥,٥	٥٧,٥
٧٦	٢٤,٤	٩٦,٨	٢٦	١١٥,٢٥	٤٦,٢٥	١٣٥	٥٧,٢
٧٥,٢	٢٤	٩٦	٢٥,٥	١١٥	٤٦,١	١٣٤,٦	٥٧
٧٥	٢٣,٨	٩٥	٢٥	١١٤,٨	٤٦	١٣٤	٥٦,٦
٧٤,٧٥	٢٣,٧٥	٩٤	٢٤,٤	١١٤	٤٥,٥	١٣٣,٢٥	٥٦,٢٥
٧٤	٢٣,٣	٩٣,٢	٢٤	١١٣	٤٥	١٣٣	٥٦,١
٧٣,٤	٢٣	٩٣	٢٣,٨	١١٣	٤٤,٤	١٣٢,٨	٥٦
٧٣	٢٢,٧	٩٢,٧٥	٢٣,٧٥	١١١,٢	٤٤	١٣٢	٥٥,٥
٧٢,٥	٢٢,٥	٩٢	٢٣,٣	١١١	٤٣,٨	١٣١	٥٥
٧٢	٢٢,٢	٩١,٤	٢٣	١١٠,٧٥	٤٣,٧٥	١٣٠	٥٤,٤
٧١,٦	٢٢	٩١	٢٢,٧	١١٠	٤٣,٣	١٢٩,٢	٥٤
٧١	٢١,٦	٩٠,٥	٢٢,٥	١٠٩,٤	٤٣	١٢٩	٥٣,٨
٧٠,٢٥	٢١,٢٥	٩٠	٢٢,٢	١٠٩	٤٢,٧	١٢٨,٧٥	٥٣,٧٥
٧٠	٢١,١	٨٩	٢١,٦	١٠٨,٥	٤٢,٥	١٢٨	٥٣,٣
٦٩,٨	٢١	٨٨,٢٥	٢١,٢٥	١٠٨	٤٢,٢	١٢٧,٤	٥٣
٦٩	٢٠,٥	٨٨	٢١,١	١٠٧,٦	٤٢	١٢٧	٥٢,٧
٦٨	٢٠	٨٧,٨	٢١	١٠٧	٤١,٦	١٢٦,٥	٥٢,٥
٦٧	١٩,٤	٨٧	٢٠,٥	١٠٦,٢٥	٤١,٢٥	١٢٥,٦	٥٢
٦٦,٢	١٩	٨٦	٢٠	١٠٦	٤١,١	١٢٥	٥١,٦
٦٦	١٨,٨	٨٥	٢٩,٤	١٠٥,٨	٤١	١٢٤,٢٥	٥١,٢٥
٦٥,٧٥	١٨,٧٥	٨٤,٢	٢٩	١٠٥	٤٠,٥	١٢٤	٥١,١
٦٥	١٨,٣	٨٤	٢٨,٨	١٠٤	٤٠	١٢٣,٨	٥١
٦٤,٤	١٨	٨٣,٧٥	٢٨,٧٥	١٠٣	٣٩,٤	١٢٣	٥٠,٥
٦٤	١٧,٧	٨٣	٢٨,٢	١٠٢,٢	٣٩	١٢٢	٥٠
٦٣,٥	١٧,٥	٨٢,٤	٢٨	١٠٢	٣٨,٨	١٢١	٤٩,٤
٦٣	١٧,٢	٨٢	٢٧,٧	١٠١,٧٥	٣٨,٧٥	١٢٠,٢	٤٩
٦٢,٦	١٧	٨١,٥	٢٧,٥	١٠١	٣٨,٣	١٢٠	٤٨,٨
٦٢	١٦,٦						

ف.ه	م	ف.ه	م	ف.ه	م	ف.ه	م
٢	١٦,٦ -	٢١,٢	٦ -	٤٢	٥,٥	٦١,٢٥	١٦,٢٥
١,٤	١٧ -	٢١	٦,١ -	٤١	٥	٦١	١٦,١
١	١٧,٢ -	٢٠,٧٥	٦,٢٥ -	٤٠	٤,٤	٦٠,٨	١٦
٠,٥	١٧,٥ -	٢٠	٦,٦ -	٢٩,٢	٤	٦٠	١٥,٥
صفر	١٧,٧ -	١٩,٤	٧ -	٢٩	٢,٨	٥٩	١٥
٠,٤ -	١٨ -	١٩	٧,٢ -	٢٨,٧٥	٢,٧٥	٥٨	١٤,٤
١ -	١٨,٢ -	١٨,٥	٧,٥ -	٢٨	٢,٢	٥٧,٢	١٤
١,٧٥ -	١٨,٧٥ -	١٨	٧,٧ -	٢٧,٤	٢	٥٧	١٣,٨ -
٢ -	١٨,٨ -	١٧,٦	٨ -	٢٧	٢,٧	٥٦,٧٥	١٣,٧٥
٢,٢ -	١٩ -	١٧	٨,٢ -	٢٦,٥	٢,٥	٥٦	١٣,٢
٢ -	١٩,٤ -	١٦,٢٥	٨,٧٥ -	٢٦	٢,٢	٥٥,٤	١٣
٤ -	٢٠ -	١٦	٨,٨ -	٢٥,٦	٢	٥٥	١٢,٧
٥ -	٢٠,٥ -	١٥,٨	٩ -	٢٥	١,٦	٥٤,٥	١٢,٥
٥,٨ -	٢١ -	١٥	٩,٤ -	٢٤,٢٥	١,٧٥	٥٤	١٢,٢
٦ -	٢١,١ -	١٤	١٠ -	٢٤	١,١	٥٣,٦	١٢
٦,٢٥ -	٢١,٢٥ -	١٣	١٠,٥ -	٢٣,٨	١	٥٣	١١,٦
٧ -	٢١,٦ -	١٢,٢	١١	٢٣	٠,٥	٥٢,٢٥	١١,٢٥
٧,٦ -	٢٢ -	١٢	١١,١ -	٢٢	صفر	٥٢	١٢,١
٨ -	٢٢,٢ -	١١,٧٥	١١,٢٥	٢١	٠,٥ -	٥١,٨	١١
٨,٥ -	٢٢,٥ -	١١	١١,٦ -	٢٠,٢	١ -	٥١	١٠,٥
٩ -	٢٢,٧ -	١٠,٤	١٢ -	٢٠	١,١ -	٥٠	١٠
٩,٤ -	٢٣ -	١٠	١٢,٢ -	٢٩,٧٥	١,٢٥ -	٤٩	٩,٤
١٠ -	٢٣,٢ -	٩,٥	١٢,٥ -	٢٩	١,٦ -	٤٨,٧	٩
١٠,٧٥ -	٢٣,٧٥ -	٩	١٢,٧ -	٢٨,٤	٢ -	٤٨	٨,٨
١١ -	٢٣,٨ -	٨,٦	١٣ -	٢٨	٢,٢ -	٤٧,٧٥	٨,٧٥
١١,٢ -	٢٤ -	٨	١٣,٢ -	٢٧,٥	٢,٥ -	٤٧	٨,٢
١٢ -	٢٤,٤ -	٧,٢٥	١٣,٧٥ -	٢٧	٢,٧ -	٤٦,٤	٨
١٣ -	٢٥ -	٧	١٣,٨ -	٢٦,٦	٢ -	٤٦	٧,٧
١٤ -	٢٥,٥ -	٦,٨	١٤ -	٢٦	٢,٢ -	٤٥,٥	٧,٥
١٤,٨ -	٢٦ -	٦	١٤,٤ -	٢٥,٢٥	٢,٧٥ -	٤٥	٧,٢
١٥ -	٢٦,١ -	٥	١٥ -	٢٥	٢,٨ -	٤٤,٦	٧
١٥,٢٥ -	٢٦,٢٥ -	٤	١٥,٥ -	٢٤,٨	٢ -	٤٤	٦,٦
١٦ -	٢٦,٦ -	٣,٢	١٦ -	٢٤	١,٤ -	٤٣,٢٥	٦,٢٥
١٦,٦ -	٢٧ -	٣	١٦,١ -	٢٣	٠ -	٤٣	٦,١
		٢,٧٥	١٦,٢٥ -	٢٢	٥,٥ -	٤٢,٨	٦

ملحق (٤) معدلات الحرارة والمطر في بعض محطات الدول العربية
الحرارة بالدرجات المئوية (السطر الأول) - المطر بالمليمترات (السطر الثاني)

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط السنوي
٢٤	١٥	١٧	٢١	٢٥	٢٧	٢٨	٢٨	٢٦	٢٤	١٩	١٥	٢١,٥
٢,٥	٥	١	٠,٥	٠,٧	٠,٤	صفر	صفر	أثر	٠,١	٢,٧	١١	١٥
١٤	١٥	١٦	١٨	٢١	٢٤	٢٦	٢٧	٢٤	٢٣	٢٠	١٥	١٩,٦
٢٧	٢٩	١٧	٢,٥	٠,٥	٢	صفر	صفر	٥	١٠	٤١	٧٦	٢٠,٥
١٤,٥	١٥	١٧	١٩	٢٢	٢٥	٢٢	٢٧,٥	٢٦	٢٤	٢١	١٧	٢١,٢
٩,٧	١٣,٥	٦,٧	١,٦	٠,٥	أثر	صفر	صفر	أثر	٣,١	١١,٨	١٧,٦	٢٤
١٤	١٦,٥	٢٠	٢٤	٢٥,٥	٢٢,٥	٢٣	٢٣	٣٠,٥	٢٧	٢١	١٦	٢٤,٧
صفر	٠,٣	أثر	صفر	أثر	أثر	صفر	صفر	أثر	٠,١	٠,١	٠,١	٠,٥
١٦,٥	١٩	٢٣	٢٨	٢٧	٢٢,٥	٢٤	٢٤,٥	٣٢,٥	٢٩	٢٣	١٨	٢٦,٧
٠,٢	أثر	٠,٢	صفر	أثر	صفر	صفر	صفر	٠,١	أثر	أثر	صفر	٠,٥
٢٢	٢٤	٢٨	٣٠,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣١	٢٩,٥	٣٠,٥	٣١,٥	٢٧,٥	٢٣,٥	٢٨,٧
صفر	أثر	أثر	أثر	٤	٢,٥	٢٣	٨٤	٤٢	١,٣	أثر	أثر	١٢٧,٨
٢٤	٢٥,٥	٢٧,٥	٣١	٣٢,٥	٣١	٢٨	٢٧	٢٨	٢٩,٥	٢٨	٢٥	٢٨
أثر	أثر	٠,١	٥,٥	١٠,٧	٢٥	١٠,٨	١١٢	٦٨,٥	٩,٥	٥,٥	أثر	٣٤٤,٨
٢٣	٢٣	٢٤	٢٦,٥	٢٩	٣١,٨	٣٣,٥	٣٤,٣	٣١,٨	٢٩	٢٧,٥	٢٤,٥	٢٨,٢
١,١	٠,١	أثر	٠,٢	٢,٦	٠,٤	٣,٤	٢,٤	أثر	٥,٥	٤٨,٤	٢٠,٣	٨٤,٤
٢٥,٥	٢٧,٥	٢٩,٦	٣٠	٢٨,٢	٢٦	٢٥	٢٤,٧	٢٥,٥	٢٦	٢٦,٣	٢٤,٤	٢٦,٦
صفر	٠,١	٤,٣	٢١	١٩	١٢٠,٤	١٣٨	١٥٤	١٣٦	٩٧	٣,٣	٠,٥	٧٧٠
٢٧	٢٨	٢٨,٥	٢٧,٤	٢٦,٢	٢٥,٣	٢٤,٢	٢٤	٢٤,٨	٢٥,٧	٢٦	٢٦,٣	٢٦,١
٤	٥,٤	٤٦	١٠٢,٤	١٥٢	٧٤,٥	١١٩	١٨٠	١٠٤	١٢١	٤١	١٣,٤	٢٢٢,٧

* الخانة الأخيرة في الأسطر الخاصة بمعدلات الحرارة مخصصة للسدى الحرارى الفصل .
أما الخانة الأخيرة في الأسطر الخاصة بمعدلات الأمطار فهي مجموع معدلات الأشهر .

ليبيا

طرابلس	١١.٨	١٣.٣	١٥.٢	١٨.١	٢٠.٦	٢٢.٧	٢٥.٦	٢٦.٢	٢٥.٥	٢٢.٤	١٨.٢	١٣.٦	١٩.٥
(١٩ ميرا)	٠.٨	١٠.٥	٣١.٧	٧٢.٥	٩٥.٦	٧١	٤٢.٣	٣١.٦	١٠.٧	٤.٥	١.١	٠.٧	٣٧٩
بنغازي	١٣	١٣.٧	١٥.٤	١٨.٥	٢١.٦	٢٣.٩	٢٥.٦	٢٤.٤	٢٢.٦	١٩.٣	١٤.٣	١٠	١٩.٨
(٢٥ ميرا)	٧.٩	١٦.٨	٤٦.٤	٦٥.٦	٦٧.٢	٤٠.٤	١٩.٤	٤.٦	٢	٠.٤	٠.١	٠.١	٥٦٥.٨
المنزلة	١١.٥	١٣.١	١٥.٨	١٩.٢	٢٣.٢	٢.٧	٢٨.٧	٢٧.٥	٢٣.٧	١٨.٧	١٢.٩	٧.٨	٢٠.٨
(١١٦ ميرا)	٠.١	٢.٩	١٥.٢	٢٧.١	٤٨.٣	٤٥.٥	٣٣.٦	٢٠.٩	١١.١	٣.٨	١.٤	٠.٢	٢١٤.٤
لحيان	٨.٤	١٠.١	١٢.٨	١٦.٩	٢٠.٨	٢٤.٦	٢٦.٤	٢٦.٨	٢٤	٢٠.٤	١٥.٣	٩.٩	١٨
(٧٢٥ ميرا)	٠.٨	١٢.١	٢٣.٨	٣٩.٤	٥٣.١	٧٤.٦	٤٩.٦	٤٠.٤	١٥.٨	٨.٧	٢.٢	٠.٦	٣٢٢.٦
المرج	١٠.٥	١١	١٢.٩	١٥.٩	٢٠	٢٢.٧	٢٣.٨	٢٣.٨	٢٣.٨	٢٩.٢	١٦.٩	١٢.٢	١٧.٧
(٦٨٥ ميرا)	٠.٥	١.٩	٣٦.٧	٥٦.٧	١١٨	١١٧	٨٦.٨	٤٢.٢	١٧	٢.٢	١.٢	٠.٣	٤٨٥
سبها	١٢.٣	١٤.٦	١٥.٥	٢٣.٧	٣٧.٣	٣١.٦	٣١	٣٢.٣	٢٨.٩	٢٤.٧	١٨.٩	١٤.٤	٢٣.٢
(٤٤٥ ميرا)	٧.٣	٧.٣	٧.٣	١.٧	٠.٩	٠.٧	٠.٥	٠.٧	٠.٣	٢.٥	٠.٢	٠.٢	٨٥

الجزائر

الجزائر	١٠.٧	١١.٤	١٣.٩	١٥	١٨.٢	٢١.٩	٢٤.٢	٢٥.٤	٢٣.٣	١٩	١٧.٧	١٧.٦	١٧.٦
البيت الأبيض (١٠.٨	٧٩.٦	٥١.٨	٨٣.٣	٣٣.٤	٢١.٦	١.٣	١.٤	٣٠.٩	١١١.٥	١١٣.٥	٩٩.٧	٧٤٦.٣
وهران	٩.٧	١١.٦	١٤.٣	١٥.٤	١٩	٢٢.١	٢٤.٩	٢٥.٦	٢٣.٣	١٨.٩	١٥	١٢.١	١٧.٧
(٩٩ ميرا)	٧٣	٥١.٣	٤١.٩	٤٦.٨	٢٠.٢	٩.٧	١.٥	٠.٧	١٢.٤	٥٥.١	٤١.٥	٥٤.٩	٤٠.٩
بني عباس	١٠.٨	١٣.٦	١٨	٢٢.٣	٢٦.٧	٣٢.٢	٣٥.٨	٣٤.٥	٣٠.١	٢٣	١٦.٦	١١.٥	٣٢.٩
(٤٩٨ ميرا)	٩.٣	٧.٢	٦.٧	٨	١.١	٧.٣	٠.٥	٢.١	٢.٩	١٠.١	٦.٤	١٢.٣	٦١.٦
تامانراست	١٢.٨	١٥.٥	١٨	٢١.٨	٢٥.٤	٢٨.١	٢٨.٥	٢٧.٨	٢٦.٣	٢.٧	١٨	١٣.٥	٢١.٥
(١٣٧٨ ميرا)	١.٧	٠.٥	٠.٩	٤.٦	٥.٩	١٢.١	٢.٦	١٧.٥	١٦.٦	٣.١	٢.٧	٤.٢	٧٣.٤

تونس

قابس	١٠.٩	١٢.٧	١٥.١	١٧.٣	٢٠.٦	٢٤.٥	٢٦.٨	٢٧.٦	٢٦	٢١.١	١٦.٣	١٢.١	١٩.٣
(٥ أمطار)	١٧.٩	١١.٣	١٠.١	٣٢.١	٦.٤	٢.٣	٠.٣	٠.٧	٢٢.٢	٤١	٢٦.٤	١٤.٣	١٨٥
تونس	٣٠.٤	١١.٢	١٣.٣	١٤.٩	١٨.٦	٢٣.١	٢٥.٦	٢٦.٢	٢٤	١٩.٣	١٥	١٢	١٧.٨
(٤ أمطار)	٧٢.٦	٤١	٥٨.٢	٦٤.٥	٣٢.٥	١٩	٧.٦	١١.٦	٤٦.٧	٨٧.٨	٨٠.٧	٤٩.٨	٥٧٢

الملكة المغربية

فاس	٩.٤	١٠.٧	١٣.٢	١٤.٩	١٨.٨	٢٢.٨	٢٦.١	٢٦.٤	٢٣.٣	١٨.٤	١٣.٩	١٠.٢	١٧.٣
(٤١٤ ميرا)	٨٣	٦٦	٨٥	٦٤	٢٧.٤	١٠.٦	٠.٨	٤	١٧.٧	٤٤.٣	٥٦.٣	٨٥.٥	٥٤٠.٦
الدار البيضاء	١٧.٣	١٣	١٤.٧	١٥.٨	١٨.٣	٢٠.٤	٢٢	٢.٥	٢١.٥	١٩.١	١٦.١	١٣.٢	١٧.٤
(٥٨ ميرا)	٨٢.٣	٦٦.٦	٦٧.٤	٣٣.٤	١٦.٦	٣	أثر	١.٣	٦.٥	٢٩.٨	٥١	١٠.٨	٤٦٦
القيطرة	١٤.٢	١٣.٢	١٥.٣	١٦.٣	١٨.٨	٢١	٢٢.٧	٢٣.١	٢١.٩	١٩.٥	١٦.٢	١٣.٣	١٧.٨
(١٢ ميرا)	١١٠	٨٤.٧	٥٦.٥	٢٩.٤	٢٣.٦	٤.٩	أثر	١.٨	٤.٩	٤٧.٩	٧٦	٩٨.٣	٥٣٧.٨
مراكش	١١.١	١٢.٧	١٥.٣	١٧	٢٠.٨	٢٣.٧	٢٧.٣	٢٢.٧	٢٤.٧	٢٠.٥	١٦	١١.٦	١٩
(٤٦٦ ميرا)	٣٢.٧	٢٨.٧	٢٦.٣	٢٥.٨	١٦.٥	١١	٠.٤	٢	٥.٣	٢١.٤	٢٥.٦	٣٦.٤	٢٣٢.١

موريتانيا

٢٩.١	٢١.٥	٢٦.٢	٢٩.٥	٢٩.٥	٢٨.١	٢٧.٩	٢٨.٢	٢٧.١	٢٥.٦	٢٥.٢	٢٢.٧	٢١.٤	بواكشوت
١٧١.٢	١٥.١	١٥.٢	١٠.٠	٥٨.٠	٦٥	١٣	١.٨	أثر	أثر	أثر	٠	١.٩	(٥ أمتار)
٢١.٢	١٤.٤	٢١.٨	٢٤.٥	٢٥.٥	٢٢.٨	٢٢.٩	٢٢.٦	٢١.٤	٢٠.٢	٢٠.٢	١٩.٥	١٨.٩	بورت الزين
٢٢.٥	٢.٧	٢.٨	٧	٨.٦	٤.٤	٠.٦	أثر	أثر	٠.٦	٢.٩	٢.٥	٢.٤	(٨ أمتار)
٢٤.٢	٢٤.٦	٢٤.٥	٢٢.٢	٢٤.٧	٢٩.٦	٢١.٥	٢٤.٥	٢٥.٦	٢٢.١	٢٥.١	٢٧	٢٤.٤	نينا
٢٨٤.٧	٢.١	١.٦	١٤.٩	٨٧.٤	١٧٥	٢٧.٨	٥٢.٩	٤.٦	٢.٤	٠.٦	٠.٦	٠.٧	(١١٥ مزا)

الصومال

٢٢.٥	٢٧.٨	٢٨	٢٧.٥	٢٦.٨	٢٦.٤	٢٦.٥	٢٦.٨	٢٧.٩	٢٨.٢	٢٧.٢	٢٧.٨	٢٨.٢	مولاديشو
٤٧٤.٧	١١.٥	٤٦.٤	١٨	١٠	٢٦	٥٩.٧	٧٢	٦٣	١.٢	١٠.٧	صفر	١.٤	(١٠ أمتار)
٢٤.٢	٢٤.٥	٢٥.٢	٢٨.٥	٢٢.٢	٢٥.٢	٢٥.٦	٢٢.٢	٢٠.٤	٢٨.٤	٢٤.٢	٢٤.٧	٢٤.٦	بوساكو
١٤.٦	صفر	٢.٥	٥.٢	٦.٢	صفر	صفر	صفر	صفر	أثر	صفر	صفر	صفر	(مزان)
٢٧.٢	٢٥.٩	٢٤.٦	٢٧.٤	٢٧.٩	٢٧.٦	٢٧	٢٨.٢	٢٨.٩	٢٨.٨	٢٧.٦	٢٦	٢٥.٥	جالاكيو
٢٨.٢	١.٧	١٥.٨	٢٤.٥	٢.٤	صفر	أثر	١.١	١٤.٥	٢٢.١	أثر	صفر	أثر	(٢.٢ مزا)

موزمبيق

٢٤.٤	٢٥.٩	٢٧.٤	٢٤.٩	٢٢.٥	٢٢.٢	٢٤.٧	٢٢.٢	٢٠.٦	٢٨.٥	٢٦.٨	٢٥.٤	٢٥.١	محطة الصبان
١٧٤.٧	٤.١	١٤.٥	١١.٦	٢.٥	١١.٢	١١.١	أثر	٧.٤	١٢.٦	٢٧.٢	٩.٢	٢٠.٢	(٧ أمتار)

المملكة العربية السعودية

٢٤.٢	١٤.٥	١٠.٢	٢٦	٢٠.٩	٢٢.٨	٢٢.١	٢٢.٢	٢٤.٢	٢٥.٢	٢١.٤	١٧.٢	١٤.٤	الرياض
١١٤.٤	٢٤.٤	٤.٦	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٩.٨	١١.٤	١٤	١٧.٢	٢١	(٥٩٤)
١٤.٥	٢٤.٩	٢٧.٥	٢٠.٢	٢١.٦	٢٧	٢١.٩	٢٢.٤	٢٠.٥	٢٧.٨	٢٥.٢	٢٤.٤	٢٢.٤	جدة
١١٤.٧	١٤.٦	٢٤.٢	٠.٨	٠.٢	أثر	أثر	أثر	أثر	صفر	٢.٤	٠.١	٢.٢	(١١ مزا)
٢٤.٥	١٤.٤	٢٢.٧	٢٤.٤	٢٢.٨	٢٤.٧	٢٤.٢	٢٥.٢	٢١.٨	٢٧.١	٢.٥	١٨.١	١٤.٧	القطيف
١١٤.٦	٢٤	٢.٥	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢	٢.٢	١١.٧	١٤.٧	٢٤.٤	(٢٢ مزا)

البحرين

٢.١	١٠.٤	١٤.٧	٢٤.٩	٢١.٢	٢٤.٩	٢٥.٢	٢٢	٢٨.٢	٢٢	١٤.٦	١٢.٧	١٠.٢	بنغازي
١٦٩	٢٤	٢٢.٢	٢.٢	٠.١	صفر	صفر	٠.٢	١٢	٢٢	٢٢	٢٧.٩	٢٤.٥	(٢٤ مزا)
٢٤.٢	١٢.٢	١٨.٩	٢٥.٨	٢١.١	٢٢.٩	٢٤.٢	٢٢.٧	٢٩.٧	٢٨.٨	١٨.٨	١٤.٨	١٢.٧	البصرة
١١٤.٤	٤٩	٢٠.١	١.١	صفر	أثر	صفر	أثر	٥.٨	١٤.٨	١٧.٨	٩.٦	١٤.٢	(مزان)
١٤.٦	٧.٦	١٢.٨	٢٠.٢	٢٧.٥	٢٢.٩	٢٢.٨	٢٠.٢	٢٤.١	١٧.٩	١٢.٢	٩	٧.٢	الفرصل
٢٨٨	٥٩	٢٢.٥	٥.٢	١	أثر	أثر	١.٤	٢٦.٨	٥٧.٨	٨١.٢	٦٩	٥٨	(٢٢٢)

البحر الأحمر

٢٤	٢١	٢٤.٦	٢٨.٩	٢١.٧	٢١.٦	٢٢.٢	٢٢.٨	٢٠.٧	٢٨.٧	٢٧.٢	٢٥.٦	٢٥.٥	عدن
٤٧.٥	٥.٨	٥.٦	٠.٢	٧.٢	١.٩	٢.٥	صفر	٢.٢	٠.٥	٨.٢	٢.٧	٩.٤	(٤ أمتار)

إمارات الخليج العربية وسلطنة عمان

٧٥,٧	١٤,٠	٢٠,٩	٢٧,٥	٣٣,٣	٣٩,٨	٢٧,٤	٣٥,٧	٣١,٣	٢٤,٤	١٩,٨	١٥,٢	١٢,٧	الكويت (المطار)
١٠,٨	٣٩,٨	٢٥	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,٤	١٠,٦	٨	٦,٤	١٤,٨	١٥ مترا
٢٦,٥	١٩,٢	٢٤,٤	٢٩	٣٢,٥	٢٤,٣	٣٣,٨	٣٢	٢٩,٦	٢٥,٧	٢١,٢	١٨,٣	١٧,٤	البحرين (البحرين)
٨٢,٧	١٩	٢,٧	٠,١	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,٢	٢,٧	١٠,٥	١٤,٦	٣٠,٩	(متزان)
٩٦	٢٠,١	٢٣,٥	٢٧,٦	٣١,٤	٣٣,٦	٣٣,٣	٣٠,٤	٢٨,١	٢٤,٧	٢٢,١	١٩	١٨,٤	الشارقة
١١٥	٢٠,٨	١٧,٦	٠,١	٠,٥	صفر	١,٩	صفر	٠,٧	١٧,٧	٩,١	١٢,٩	٣٢,٧	(متزان)
٢٧,٥	٢٣	٢٥,٤	٢٨,٥	٣٠,٤	٣٠,٧	٣١,٤	٣٣,٥	٣١,٨	٢٧,٨	٢٤,٦	٢٠,٧	٢١	مسقط
١١٢,٣	٣٤,٣	١,١	٠,١	صفر	صفر	٥,٣	صفر	١,٨	٧,٣	١٧,٤	٦,٣	٣٨,٦	(٦ أمتار)

سوريا وفلسطين ولبنان والأردن

٢٠	٨,٨	١٣,٨	١٩,٤	٢٣,٨	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٤,٤	٢٠,٥	١٦,٦	١١,٦	٧,٧	٦,٦	دمشق
٢١٣,٧	٣٠,٦	٣٠,٦	١٠,٢	١٧,٨	صفر	صفر	صفر	٥,١	١٢,٧	١٠,٢	٥٣,٣	٤٣,٢	(٧٢٠ مترا)
٢,٨	٧,٧	١٣,٣	١٩,٤	٢٤,٤	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٥,٥	٢١,١	١٦,١	١٠,٥	٧,٧	٥,٥	حلب
٣٧٣	٠,٨١,٣	٦٠	٢٠	صفر	٢,٥	صفر	٢,٥	٠,٩	٣٣	٢٥,٤	٧١,٢	٧٦,٢	(٣٩٠ مترا)
١٥	١١,١	١٦,١	٢١,١	٢٢,٧	٢٣,٨	٢٣,٨	٢٢,٢	٢٠,٥	١٦,١	١٢,٧	٩,٤	٨,٨	القدس
٧٨,٧	٤٥,٧	٣٣	٥,١	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,٥	٢٥,٤	٢٨	١٣٥	١٠,٤	(٧٥٨ مترا)
١٤,٥	١٦,١	٢٠	٢٤,٤	٢٧,٢	٢٨,٣	٢٧,٧	٢٥,٥	٢٢,٢	١٨,٨	١٦,١	١٤,٤	١٣,٨	بيروت
١٠٢٤	١٨٥	١٣٢	٥٠,٨	٥,٧	٢,٢	٢	٢,٣	١٨	٥٦	٢٢١	١٥٨	١٩١	(٢٤ مترا)
١٧,٣	١٠	١٥,٥	٢٠,٥	٢٣,٨	٢٥	٢٥	٢٣,٣	٢١,١	١٦,٥	١٠,٥	٨,٨	٧,٧	عمان
٢٧٢,٦	٤٥,٧	٣٢	٥	٢,٦	صفر	صفر	صفر	٥	١٤,٧	٢٩,٤	٧١	٦٦,٢	(٧٧٧ مترا)
١٧,٢	١٧,٢	٠,٦	٢٧,٢	٣١,١	٣٢,٧	٣٢,٧	٣١,١	٢٦,١	٢٣,٨	٢٠	١٦,٦	١٥,٥	الغزة
٣٥٧	٥,١	٢,٦	٢,٦	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,٦	٥,١	٧,٦	٧,٦	٢,٥	(متزان)

مراجع مختارة

أولا — مراجع عربية :

- ١ — حسن أبو العنين — أصول الجغرافيا المناخية — الاسكندرية — ١٩٨٨
- ٢ — خالد المطرى — الجغرافيا الحيوية — جدة ١٩٨١
- ٣ — عبد العزيز طريح — جغرافيا ليبيا — الاسكندرية ١٩٦٣
- ٤ — عبد العزيز طريح — المقدمات في الجغرافيا الطبيعية — الاسكندرية ١٩٨٥
- ٥ — عبد العزيز طريح — مناخ العالم — الاسكندرية ١٩٦٣
- ٦ — نعمان شحادة — المناخ العمل — عمان (الأردن) ١٩٨٣
- ٧ — نعمان شحادة — علم المناخ — عمان (الأردن) ١٩٨٣
- ٨ — يوسف فايد — جغرافية المناخ والنبات — القاهرة ١٩٧٣

ثانيا — مراجع أجنبية :

أ — في الطقس والمناخ .

- 1- Blair, Tomas, A. & Fite, R. C. « Weather Elements » 5th ed. 1965.
- 2- Blair, Tomas, A. « Climatology, General and Regional » 1970.
- 3- Brooks, G. E. P., « Climate in Everyday Life » 1950.
- 4- Koppe, C.E., « Weather and Climate, » 1958.
- 5- Critchfield, H.I. « Climatology » 1960.

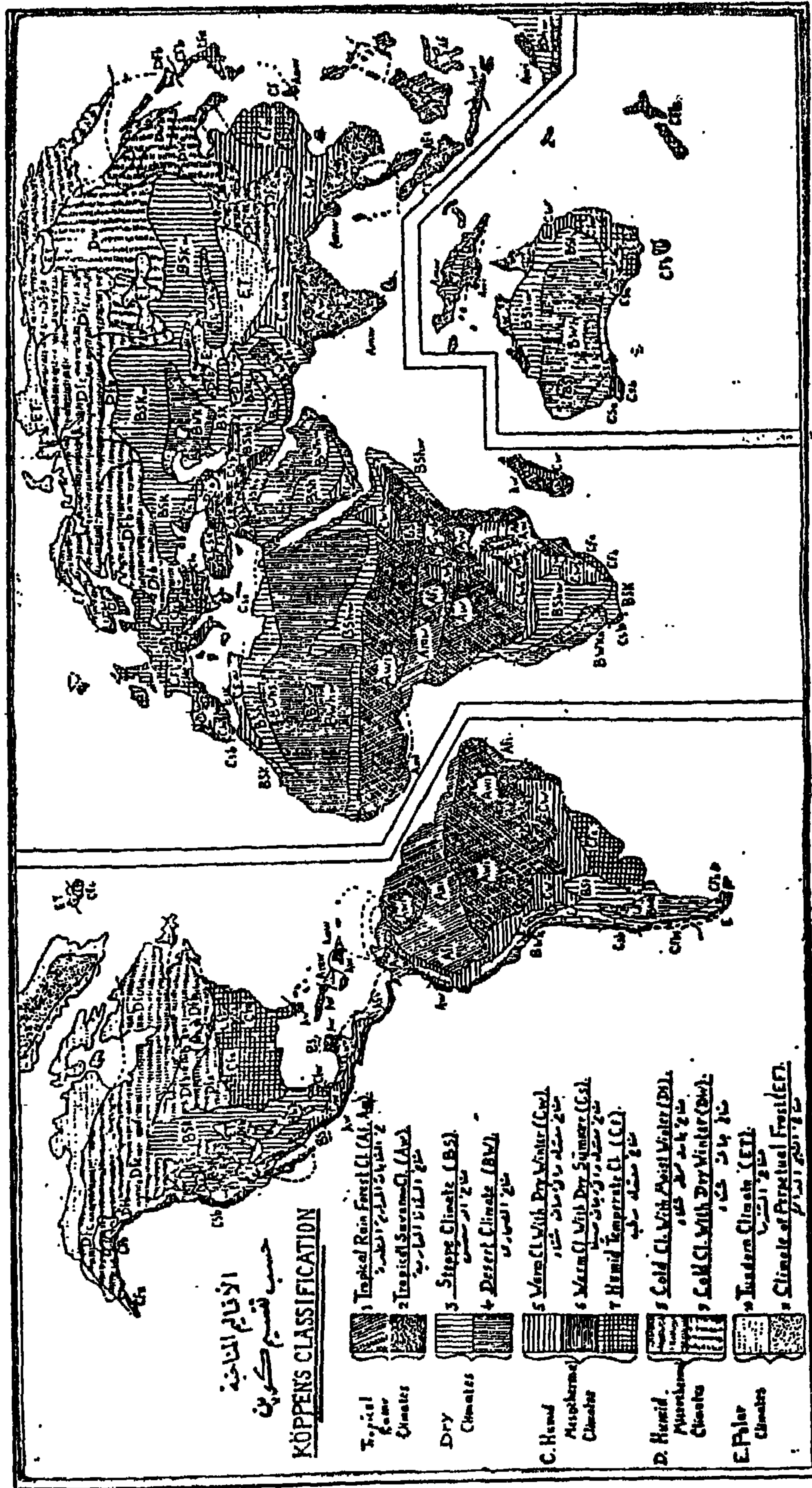
- 6- Haurwitz B. & Austin, I. M., « Climatology », 1944.
- 7- Horrocks, N. K., « Physial Geography and Climatology. » 1953.
- 8- Kendrew, W.G. « Climatology » 1944.
- 9- « Climates of the Continents, » 1947.
- 10- Kimble, O.H., « The Weather, » 2nd ed. 1931.
- 11- C.E. Koeppe & G.C. De Long, « Weather and Climate », 1958.
- 12- Mather, J.R., « Climatology », Fundamentals and Applications, » 1974.
- 13- Meteorological Office (London) « Elementary Meteorology » Met. O. 707, 1962.
- 14- Miller, A. Austin, « Climatology, » Latest ed. 1960.
- 15- Neuberger, H., & Stephens, F.B., « Weather and Man. » 1948.
- 16- Smith, K., « Principles of Applied Climatology » 1975.
- 17- Thornthwaite, C.W., « An Approach toward a Rational Classification of Climate » Geog. Rev., vol. 38, 1948, pp. 55- 94
- 18- Trewartha, C. T. « an Introduction to Climate and Weather, » 1943.
- 19- United States Department of Agriculture, Climate and Man. » Yearbook, 1948.
- 20- Wiesner, C.,J., « Hydrometeorology » 1970

ب — في الجغرافيا النباتية :

- 21- Camphell, D. H. « An Outline of Plant Geography » 1962.
- 22- Cain, Stanley, « physical Basis of Plant Geography », 1950.
- 23- Dansereau, Pierre, « Biogeography- An Ecological Persd ctive, » 1957
- 24- Eyre, « Soil and Vegetation », 1965.
- 25- Glinka K. D., « The Grat Soil Groups of the World and Their Development, » translated by C.F. Marbut » 1937.
- 26- Hardy, M.E. « A Junier Plant Geôgraphy. » 1936
- 27- NeWbigin, M.I. « Plant and Animal Geography, » 1936 Hardy, M.E.,
« The Geography of Plants, » 1944
- 28- Schimper A.F. « Plant Geography upon a physiological Basis, » 1903

ج — مراجع عامة بها فصول عن المناخ والنبات والتربة

- 29- Robinson, G. W., « Soils Their Origin, Constitution and Classification, » New York, 1951.
- 30- Briault, E. W. H. and Hubbard. J.H., « An Introduction to Advanced Geography », 1959.
- 31- Case, Earl, C. « College Geography, » 1949.
- 32- Finch. V. C. & Trewartha C. T., « Physical Elements of Geography, » 1949.
- 33- Finch. Trewartha and Shearer, M H. « The Earth and its Resources » 2nd. ed. 1948
- 34- Horrocks, N.K., « physical Geography, » 1953.
- 35- Lake, P. « Physical Geography, » 2nd. ed. 1949.
- 36- Money, D.C., « Climate, Soil and Vegetation » 1965.
- 37- Monkhouse, F.J., « The Principles of Physical Geography » 1955.
- 38- Strahler A. N., « Physical Geography, » 1951.



شكل (٦٩) تقسيم كوبين للعالم إلى أقاليم مناخية

الفهرس

الموضوع الصفحة

١

الفكر المناخي

- ١ - ١ - الفكر المناخي القديم ٩
١ - ٢ - الفكر المناخي منذ عصر النهضة الأوروبية ١٠
١ - ٣ - الفكر المناخي منذ أوائل القرن العشرين ١١
١ - ٤ - بعض الاتجاهات المعاصرة في الفكر المناخي ١٣
أولا - دراسة القيم الفعلية لعناصر المناخ ١٣
ثانيا - علم المناخ التفصيلي Micro Climatotology ١٦
ثالثا - علم المناخ التطبيقي ١٨

٢

الغلاف الجوي

- ٢ - ١ - تركيبه ٣١
٢ - ٢ - طبقاته ٣٣
٢ - ٣ - قياس عناصره المناخية ٣٧
أولا - قياسها في الطبقات العليا ٣٧
ثانيا - قياسها في الطبقة السفلى (المجاورة لسطح الأرض) ٣٨
ثالثا - أجهزة الرصد ومواصفات المرصد الجوي البسيط ٣٩

٣

الإشعاع الشمسي

- ٣ - ١ - تعريف الإشعاع الشمسي ونصيب الأرض منه ٤٣
٣ - ٢ - تركيبه ٤٣

- ٤٤ ٣ - ٣ - حساب الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض
- ٤٤ أ - الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى أعلى الغلاف الجوي
- ٤٩ ب - الطاقة الإشعاعية المنتشرة Diffuse radiation
- ٥٠ ج - تأثير الغلاف الجوي على الطاقة الإشعاعية
- ٥٢ د - الميزانية الحرارية للأرض
- ٥٤ ٣ - ٤ - التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي
- ٥٩ ٣ - ٥ - قياس الإشعاع الشمسي كعنصر من عناصر المناخ

٤

حرارة الجو

- ٦٧ ٤ - ١ - التوزيع العام لدرجة الحرارة على دوائر العرض
- ٦٩ ٤ - ٢ - تأثير الماء واليابس على التوزيع العام للحرارة
- ٨١ ٤ - ٣ - أثر الارتفاع على درجة الحرارة
- ٨٣ ٤ - ٤ - الانعكاس الحراري
- ٩٦ ٤ - ٥ - قياس الحرارة
- ٩٧ ٤ - ٦ - التوضيح الفارغرافي للحرارة

●

الضغط الجوي

- ٦١ ٥ - ١ - تعريف الضغط الجوي وقياسه
- ٩٤ ٥ - ٢ - التوزيع الأفقي للضغط الجوي
- ٥ - ٣ - النطاقات الدائمة للضغط الجوي والدورة الهوائية العامة المرتبطة بها
- ٩٦ ٥ - ٤ - تأثير الماء واليابس على التوزيع الأفقي للضغط الجوي
- ٩٩ ٥ - ٥ - الضغط الجوي في المستويات العليا من الجو
- ١٠٤ ٥ - ٦ - الضغط الجوي والطقس

الرياح

- ١٠٩ — ٦ — ١ — تعريف الرياح ونظام هبوبها
- ١١٢ — ٦ — ٢ — سرعة الرياح
- ١١٤ — النظام اليومي لسرعة الرياح
- ١١٥ — قياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها وتوضيحها
- ١١٨ — توصيف سرعة الرياح واتجاهها على خرائط الطقس
- ١٢٠ — ٦ — ٣ — أنواع الرياح السطحية
- ١٢١ — ٦ — ٣ — ١ — الرياح العامة
- ١٢١ — أ — الرياح التجارية
- ١٢٤ — ب — الرياح الغربية
- ١٢٥ — ج — الرياح الموسمية
- ١٢٧ — ٦ — ٤ — الرياح العليا

الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية
والأعاصير المدارية

١ — ٧

الكتل الهوائية

- ١٣٣ — ٧ — ١ — ١ — نشأتها وأنواعها
- ١٣٤ — ٧ — ١ — ٢ — استقرارها وعدم استقرارها
- ١٣٦ — ٧ — ١ — ٣ — أثر الكتل الهوائية في مناخ بعض الأقاليم

٢ — ٧

المنخفضات الجوية

- ١٤١ — ٧ — ٢ — ١ — نشأتها

- ١٤٥ ٧ — ٢ — ٢ — توزيعها واختلاف بعضها عن بعض
- ١٤٩ ٧ — ٢ — ٣ — ظاهرات الطقس التي تصاحبها
- ١٥٢ ٧ — ٢ — ٤ — الرياح المحلية التي تسببها المنخفضات الجوية
- ٣ — ٧

الأعاصير والعواصف الدوارة

- ١٦٠ ٧ — ٣ — ١ — الفرق بينه وبين المنخفضات
- ١٦٢ ٧ — ٣ — ٢ — نشأتها
- ١٦٣ ٧ — ٣ — ٣ — خطوط سيرها وتوزيعها
- ١٦٥ ٧ — ٣ — ٤ — الترنادو

٨

التبخر ورطوبة الهواء

- ١٧١ ٨ — ١ — تمهيد — (الحالات التي يوجد بها الماء في الجو)
- ١٧٢ ٨ — ٢ — ٢ — التبخر
- ١٧٢ ٨ — ٢ — ١ — تعريفه
- ١٧٣ ٨ — ٢ — ٢ — أهميته
- ١٧٤ ٨ — ٢ — ٣ — العوامل التي تتحكم في التبخر
- ١٧٨ ٨ — ٢ — ٤ — قياس التبخر أو حسابه
- ١٨٢ ٨ — ٣ — ٥ — التتح
- ١٨٣ ٨ — ٤ — التبخر الكلى
- ١٨٦ ٨ — ٥ — رطوبة الهواء
- ١٨٦ ٨ — ٥ — ١ طرق التعبير عنها
- ١٨٧ ٨ — ٥ — ٢ — قياسها
- ١٩٠ ٨ — ٥ — ٣ — أهميتها

التكثف ومظاهره

١٩٥	تمهيد — تعريف التكثف ومسبباته ومظاهره
١٩٦	٩ — ١ — مظاهر التكثف عند سطح الأرض أو البحر
١٩٦	٩ — ١ — ١ — العباب
١٩٧	٩ — ١ — ٢ — الندى
١٩٧	٩ — ١ — ٣ — الصقيع
١٩٨	٩ — ٢ — مظاهر التكثف في المستويات المرتفعة
١٩٨	٩ — ٢ — ١ — السحب
٢١١	٩ — ٣ — التساقط (المطر)
٢١١	تمهيد — تعريف التساقط وأشكاله
٢١١	٩ — ٣ — ١ — أنواع المطر
٢١٥	— عواصف الرعد
٢٢٠	— التساقط الصلب
٢٢٣	— شدة المطر أو غزارته
٢٢٦	٩ — ٣ — ٢ — قياس المطر
٢٢٩	— مشكلات قياس المطر (التساقط السائل)
٢٣٠	— مشكلات قياس التساقط الصلب
٢٣١	٩ — ٣ — ٣ — استكمال النقص في إحصاءات المطر
٢٣٣	٩ — ٣ — ٤ — التباين في كميات المطر السنوية والشهرية
٢٣٨	٩ — ٣ — ٥ — حساب متوسط مياه المطر على أى منطقة
٢٤٣	٩ — ٣ — ٦ — نظم المطر
٢٤٩	٩ — ٣ — ٧ — توزيع الأمطار على سطح اليابس

١٠

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية

- ١٠ - ١ - الفرض من التقسيم والأسس التي يبنى عليها ٢٦٧
 ١٠ - ٢ - بعض التقسيمات المناخية العامة ٢٧١
 ١٠ - ٢ - ١ - تقسيم كوبن ٢٧٤ - ٣٠٩
 ١٠ - ٢ - ٢ - تقسيم أوستن ملر ٣١٠ - ٣١٤
 ١٠ - ٢ - ٣ - خلاصة التقسيمات المناخية العامة ٣١٤ - ٣١٨

١١

مناخ العالم

حسب خلاصة التقسيمات المناخية العامة

- ١١ - ١ - الأقاليم الحارة ٣٢٣
 ١١ - ١ - ١ - الأقاليم الاستوائية ٣٢٤
 ١١ - ١ - ٢ - الأقاليم المدارية ٣٢٤
 ١١ - ١ - ٣ - الأقاليم الموسمية الحارة ٣٤٦
 ١١ - ١ - ٤ - مناخ الجبال في الأقاليم الحارة ٣٥٢
 ١١ - ٢ - ١ - الأقاليم المعتدلة الدافئة ٣٥٧
 ١١ - ٢ - ١ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في غرب القارات
 (نوع البحر المتوسط) ٣٥٨
 ١١ - ٢ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات ٣٦٣
 ١١ - ٢ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية ٣٦٧
 ١١ - ٣ - ١ - الأقاليم المعتدلة الباردة ٣٧٠
 ١١ - ٣ - ١ - الأقاليم المعتدلة البحرية (نوع غرب أوروبا) ٣٧٠
 ١١ - ٣ - ٢ - الأقاليم المعتدلة الباردة القارية ٣٧٤
 ١١ - ٣ - ٣ - الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية ٣٧٦

الموضوع	الصفحة
١١ - ٤ - الأقاليم الباردة	٣٨
١١ - ٤ - ١ - الأقاليم الباردة البحرية	٣٨
١١ - ٤ - ٢ - الأقاليم الباردة القارية	٣٨٢
١١ - ٤ - ٣ - الأقاليم الباردة الموسمية	٣٨٦
١١ - ٥ - الأقاليم القطبية	٣٨٩
١١ - ٦ - الأقاليم الصحراوية	٣٩١
١١ - ٦ - ١ - الصحارى الحارة	٣٩٥
١١ - ٦ - ٢ - الصحارى المعتدلة	٤٠١
١١ - ٦ - ٣ - الصحارى الباردة	٤٠٢

١٢

مناخ إفريقيا

١٢ - ١ - العوامل التي تؤثر في مناخ القارة	٤٠٧
أولاً - موقع القارة وشكلها	٤٠٧
ثانياً - التيارات البحرية	٤٠٨
ثالثاً - التضاريس	٤١٤
رابعاً - توزيع الضغط الجوي على القارة	٤١٦
خامساً - الكتل الهوائية التي تؤثر في مناخ القارة	٤٢٠
١٢ - ٢ - الأقسام المناخية لإفريقيا	٤٢٦
١٢ - ٢ - ١ - الأقاليم الحارة	٤٢٨
أ - المناخ الاستوائي	٤٢٨
ب - المناخ المداري القاري	٤٣٤
ج - المناخ المداري البحري	٤٣٥
د - المناخ المداري الصحراوي	٤٣٦

- ١٢ - ٢ - ٢ - المناخ المعتدل الدافئ ٤٣٧
 أ - مناخ البحر المتوسط ٤٣٧
 ب - مناخ نائال ٤٣٨
 ج - المناخ المعتدل الدافئ الموسمي ٤٣٩

١٣

مناخ العالم العربي

- ١٣ - ١ - موقع العالم العربي وآثاره المناخية ٤٤٣
 ١٣ - ٢ - الآثار التضاريسية على مناخ العالم العربي ٤٤٥
 ١٣ - ٣ - الضغوط الجوية الرئيسية المؤثرة على مناخ العالم العربي
 في الصيف والشتاء ٤٤٦
 ١٣ - ٤ - الدورات الهوائية المترتبة على الضغوط الجوية ٤٥١
 ١٣ - ٥ - الرياح المحلية، والزوايا الترابية ٤٥٤
 ١٣ - ٦ - أنواع الهواء (الكتل الهوائية) ٤٥٧
 ١٣ - ٧ - الأحوال الحرارية ٤٦١
 ١٣ - ٨ - الأمطار ٤٧٣
 ١٣ - ٩ - الأقسام المناخية للعالم العربي حسب تقسيم كوبن ٤٨٢

١٤

الجغرافيا النباتية

- ١٤ - ١ - العوامل التي تتحكم في نمو النباتات وتوزيعها ٤٩١
 ١٤ - ١ - ١ - العوامل المناخية ٤٩١
 - الأمطار وقيمتها الفعلية ٤٩١
 - الحرارة وقيمتها الفعلية بالنسبة لحياة النباتات ٥٠١
 - الضوء ٥١٢

٥١٣	١٤ — ١ — ٢ — التربة
٥١٤	— مواد التربة
٥١٨	— العوامل التي تتدخل في تكوين التربة
٥٢٢	— تصنيف التربة وأقسامها الكبرى
٥٤٣	١٤ — ٢ — النباتات الطبيعية وتوزيعها العام
٥٤٤	— المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية
٥٤٥	١٤ — ٢ — ١ — الغابات
٥٤٨	— الأنواع الرئيسية للغابات وتوزيعها الجغرافي
٥٤٩	١٤٥ — ٢ — ١ — ١ — الغابات المدارية
٥٥٦	١٤ — ٢ — ١ — ٢ — الغابات المعتدلة الدافئة
٥٥٦	— غابات البحر المتوسط
٥٥٩	— الغابات المعتدلة الدافئة في شرق القارات
٥٦١	١٤ — ٢ — ١ — ٣ — الغابات المعتدلة الباردة
٥٦١	— الغابات النفضية
٥٦٣	— الغابات الصنوبرية
٥٦٩	١٤ — ٢ — ٢ — الحشائش
٥٧٩	١٤ — ٢ — ٣ — الصحارى
٥٨٢	١٤ — ٢ — ٤ — التندرا
٥٨٤	١٤ — ٢ — ٥ — نباتات الجبال

الملاحق

٥٨٧	ملحق (١) معدلات الحرارة والمطر لبعض المحطات التي توضح الأنواع المناخية المختلفة في تقسيم كوبن
٥٩٢	ملحق (٢) تحويل الدرجات المثوية إلى درجات فهرنهايتية
٥٩٤	ملحق (٣) التحويل من مستقيمات إلى بوصات
٥٩٥	ملحق (٤) معدلات الحرارة والمطر في بعض محطات الدول العربية

